

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE – UNICENTRO

SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA
SANITÁRIA E AMBIENTAL

FELIPE MARCEL DALMAS KOTWISKI

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DOS
CUSTOS OPERACIONAIS DE UMA UNIDADE DE TRIAGEM E RECICLAGEM
LOCALIZADA EM UM MUNICÍPIO PARANAENSE

IRATI - PR
2020

FELIPE MARCEL DALMAS KOTWISKI

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DOS
CUSTOS OPERACIONAIS DE UMA UNIDADE DE TRIAGEM E RECICLAGEM
LOCALIZADA EM UM MUNICÍPIO PARANAENSE

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO.

Orientadora: Dra. Jeanette Beber de Souza
Coorientadora: Dra. Tatiane Bonametti Veiga

IRATI - PR
2020

Catálogo na Publicação
Rede de Bibliotecas da Unicentro

K87g

Kotwiski, Felipe Marcel Dalmas

Gerenciamento de resíduos de construção civil: estudo dos custos operacionais de uma unidade de triagem e reciclagem localizada em um município paranaense / Felipe Marcel Dalmas Kotwiski. – – Irati, 2020.
xvii, 119 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, 2020.

Orientadora: Jeanette Beber de Souza

Coorientadora: Tatiane Bonametti Veiga

Banca examinadora: Jeanette Beber de Souza, Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira, Érica Pugliesi

Bibliografia

1. Resíduos de construção civil. 2. Resíduos de poda urbana. 3. Gerenciamento. 4. Custos fixos e variáveis. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

CDD 628.4



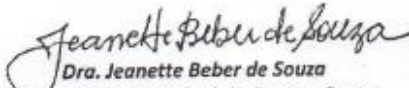
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE/UNICENTRO
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PROPESP
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental
Associação ampla entre a UNICENTRO e UEPG

TERMO DE APROVAÇÃO

Felipe Marcel Dalmas Kotwiski

Gerenciamento de resíduos de construção civil: estudo de custos operacionais de uma Unidade de Triagem e Reciclagem localizada em um Município Paranaense

Dissertação aprovada em 25/09/2020, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:


Dra. Jeanette Beber de Souza
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientadora e Presidente da Banca


Dra. Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira
Universidade Federal de Alagoas


Dra. Érica Pugliesi
Universidade Federal de São Carlos

Irati-PR, 25 de setembro de 2020.

“And be a simple kind of man
Be something you love and
understand
Baby, be a simple kind of man”.

Lynyrd Skynyrd

AGRADECIMENTOS

Após “algumas” horas de estudo, “algumas” noites mal dormidas e “alguns” quilômetros rodados (30.000 Km ou $\frac{3}{4}$ de uma volta ao mundo), mais um obstáculo foi ultrapassado. A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração de inúmeras pessoas que direta ou indiretamente cooperaram com pequenas e grandes contribuições, porém igualmente importantes. Por mais difícil que seja fazer sem esquecer alguém, torna-se indispensável agradecer:

À minha família pelo apoio e presença em todos os momentos difíceis. Aos proprietários e diretores da empresa estudada (Sr. Luiz, Sra. Scheila, Sr. Gustavo e Sra. Camila) e colaboradores, pelo suporte técnico fornecido, o qual foi indispensável para concretização deste projeto. Às minhas orientadoras, professoras Dra. Jeanette Beber de Souza e Dra. Tatiane Bonametti Veiga pela oportunidade, confiança, amizade e por todas as preciosas contribuições para concretizar este projeto. À minha namorada Brenda Thomas, pela colaboração, paciência e principalmente pelo companheirismo. Às membras examinadoras da banca, professoras Dra. Érica Pugliesi e Dra. Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira, pelas preciosas contribuições. À Joelma por toda motivação e suporte. A todos os professores do curso de Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - PPGESA que de certa forma contribuíram durante o período de estudo. Aos meus colegas de mestrado, pela amizade. Agradeço a Deus que me dá saúde e tranquilidade para seguir em frente.

RESUMO

Os resíduos de construção civil, bem como, os de poda urbana constituem, no contexto dos resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos volumosos de considerável interesse, haja vista os descartes irregulares que ocorrem na maioria dos municípios brasileiros, tornando a gestão eficiente destes resíduos fundamental para a redução de impactos negativos ao ambiente e à saúde pública. O Brasil possui, desde o ano de 2002, legislação específica sobre essa categoria de resíduos, entretanto, são poucas as plantas de reciclagem em funcionamento no país, considerando que, dentre os vários aspectos que permeiam a atividade, consta a necessidade de compatibilização da reciclagem com os custos financeiros de equipamentos e pessoal envolvidos nas etapas de gerenciamento. O presente estudo teve como objetivo analisar a quantidade de resíduos gerenciados e os respectivos custos operacionais fixos e variáveis de uma unidade de reciclagem de resíduos de construção civil e poda urbana, localizada no município de União da Vitória – PR. No decorrer do período de 2017 a 2019, a unidade gerenciou o total de 15.782,00 m³ de resíduos classe A (concreto e cerâmica), 21.813,00 m³ de madeira de construção e demolição e resíduos de poda urbana e 6.701,00 m³ de resíduos mistos (Classe A e madeira), tendo sido realizada a locação de 13.355 unidades de caçambas estacionárias. O custo operacional médio anual, ao longo dos três anos, foi de R\$ 774.719,16 (± R\$ 28.991,51), sendo que deste montante, 77,28% representam os custos fixos e 22,72% representam os custos variáveis. Os custos fixos e variáveis de maior expressão referem-se à mão de obra (58,47%) e consumo de combustível da frota de coleta (12,41%), respectivamente. O custo médio operacional da unidade foi de R\$ 52,47 para cada metro cúbico de resíduo gerenciado. Este estudo visa contribuir, a partir da experiência de uma empresa privada, com a tomada de decisão quanto à implantação de futuras unidades de reciclagem de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana.

Palavras-chave: resíduos de construção civil; resíduos de poda urbana; gerenciamento; custos fixos e variáveis.

ABSTRACT

Construction waste and urban pruning waste constitutes, in the context of solid urban waste (RSU), bulky waste of considerable interest, given the irregular dumping that occur in most Brazilian municipality, making the efficient management of this waste fundamental for the reduction of negative impacts on the environment and public health. Brazil has, since 2002, specific legislation on that category of waste, however, there are few recycling plants in operation in the country, whereas, among the various aspects that permeate the activity, there is a need to make recycling compatible with the financial costs of equipment and personnel involved in the management stages. The present study had as objective to analyze the amount of waste managed and the respective fixed and variable operating costs of a waste recycling unit for civil construction and demolition and urban pruning, located in the city of União da Vitória – PR. During the period from 2017 to 2019, the unit managed a total of 15,782.00 m³ of class A waste (concrete and ceramic), 21,813.00 m³ of construction and demolition wood and urban pruning waste, and 6,701.00 m³ of mixed waste (class A and wood), were leased 13,355 stationary dumpster units. The average annual operating cost, over the three years, was R\$ 774,719.16 (\pm R\$ 28,991.51), of this amount, 77.28% represent fixed costs and 22.72% represent variable costs. The most significant fixed and variable costs refer to manpower (58.47%) and fleet fuel consumption (12.41%), respectively. The unit's average operating cost was R\$ 52.47 for each cubic meter of waste managed. This study objective to contribute, from the experience of a private company, with decision-making regarding the implementation of future recycling units for construction waste and urban pruning waste.

Keywords: construction waste; urban pruning waste; management; fixed and variable costs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização espacial de União da Vitória - PR.....	46
Figura 02 – Localização espacial de Porto União - SC	47
Figura 03 – Localização espacial dos municípios de União da Vitória – PR e Porto União - SC.....	48
Figura 04 – Veículo tipo poliguindaste duplo.....	56
Figura 05 – Área de armazenamento temporário.....	57
Figura 06 – Área de triagem de RCC	58
Figura 07 – Área de armazenamento dos materiais proibitivos ao processo de reciclagem de RCC classe A.....	59
Figura 08 – Utilização do martelo demolidor	59
Figura 09 – Britador de RCC.....	60
Figura 10 – Produtos e subprodutos extraídos da reciclagem de RCC.....	61
Figura 11 – Esteiras do britador de RCC	62
Figura 12 – Estoque de agregados reciclados	62
Figura 13 – Triagem de madeira e resíduos de poda urbana	64
Figura 14 – Armazenamento de madeira e resíduos de poda urbana	65
Figura 15 – Alimentação do equipamento de reciclagem de madeira e resíduos de poda urbana	66
Figura 16 – Acondicionamento do cavaco reciclado	66
Figura 17 – Rejeitos do processo de triagem.....	68
Figura 18 – Quantidade total por tipo de RCC gerenciados no período de 2017 a 2019	70
Figura 19 – Quantidade de caçambas estacionárias locadas no período de 2017 a 2019, por classe de resíduos	71
Figura 20 – Porcentagem de caçambas estacionárias locadas por tipo de resíduos no período de 2017 a 2019.....	72
Figura 21 – Quantidade de RCC oriundos do município de União da Vitória – PR no período de 2017 a 2019	73
Figura 22 – Quantidade de RCC oriundos do município de Porto União – SC no período de 2017 a 2019	74
Figura 23 – Produção de agregados reciclados por classe.....	76

Figura 24 – Quantidade de cavaco produzida em comparação com os resíduos de madeira e poda urbana gerenciados no período de 2017 a 2019.....	77
Figura 25 – Quantidade de materiais passíveis de reciclagem extraídos da triagem de RCC no período de 2017 a 2019.....	79
Figura 26 – Distância percorrida pelos veículos tipo poliguindaste no período de 2017 a 2019	81
Figura 27 – Consumo de energia elétrica no período de 2017 a 2019.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/04	21
Quadro 02 – Responsabilidade no gerenciamento de resíduos sólidos.....	22
Quadro 03 – Classificação dos RCC.....	24
Quadro 04 – Alterações da Resolução CONAMA 307/02	24
Quadro 05 – Classificação dos principais RCC encontrados em áreas de triagem	33
Quadro 06 – Classificação metodológica do trabalho	41
Quadro 07 – Custos fixos e variáveis da Central de Tratamento de Resíduos	43
Quadro 08 – Equipe de trabalho	52
Quadro 09 – Custo unitário para locação de caçambas estacionárias.....	54
Quadro 10 – Custo para destinação final de RCC de outras classes.....	55
Quadro 11 – Valores de venda dos agregados reciclados	63
Quadro 12 – Classificação dos principais resíduos proibitivos encontrados na triagem dos resíduos.....	67
Quadro 13 – Dados quantitativos por classe de agregado reciclado no período de 2017 a 2019	76
Quadro 14 – Informações quantitativas sobre os rejeitos oriundos da triagem de RCC e resíduos de poda urbana.....	80
Quadro 15 – Equipamentos de proteção individual e uniformes utilizados pelos colaboradores da empresa	84
Quadro 16 – Custos concernentes aos EPIs e uniformes.....	85
Quadro 17 – Custos relativos ao consumo de combustível do ônibus utilizado no transporte de funcionários.....	86
Quadro 18 – Custos relativos aos impostos e seguro obrigatório do veículo utilizado no transporte de funcionário.....	86
Quadro 19 – Custos relativos ao consumo de energia elétrica	88
Quadro 20 – Custos relativos aos impostos e seguros do veículo poliguidaste simples	89
Quadro 21 – Custos relativos aos impostos e seguros do veículo poliguidaste duplo	89
Quadro 22 – Custos relacionados a locação da área de armazenamento temporário de RCC	90

Quadro 23 – Custos alusivos à renovação da licença ambiental de operação do empreendimento	91
Quadro 24 – Taxas de renovação dos alvarás do empreendimento	92
Quadro 25 – Custos relativos a manutenção programada	93
Quadro 26 – Dados utilizados para realizar o cálculo de depreciação dos veículos tipo poliguindaste	94
Quadro 27 – Custos de depreciação dos veículos tipo poliguindaste	94
Quadro 28 – Remuneração do capital investido para os veículos tipo poliguindaste	96
Quadro 29 – Remuneração do capital investido para a pá carregadeira e equipamentos de reciclagem de resíduos	97
Quadro 30 – Custos referentes ao consumo de combustível do veículo poliguindaste simples	99
Quadro 31 – Custos referentes ao consumo de combustível do veículo poliguindaste duplo	99
Quadro 32 – Custos relacionados ao consumo de combustível da pá carregadeira	100
Quadro 33 – Distância percorrida para a destinação final do cavaco	101
Quadro 34 – Custos com combustível relacionado ao transporte de cavaco ..	102
Quadro 35 – Custos para destinação final dos rejeitos	103
Quadro 36 – Custos com combustível relacionado ao transporte de gesso ..	103
Quadro 37 – Custos relativos a destinação final de gesso.....	104
Quadro 38 – Custos relativos a manutenção não programada	105
Quadro 39 – Custos totais referentes ao gerenciamento de resíduos	107
Quadro 40 – Custo unitário de gerenciamento de resíduos	109

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AA – Autorização Ambiental;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

ANA – Agência Nacional de Águas;

ARC – Agregado de Resíduo de Concreto;

ARM – Agregados de Resíduo Misto;

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica;

ATT – Área de Transbordo e Triagem;

CA - Certificado de Aprovação;

CEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente;

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem;

CFC – Conselho Federal de Contabilidade;

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia;

CTR – Central de Tratamento de Resíduos;

DOF – Documento de Origem Florestal;

EPI – Equipamento de Proteção Individual;

EPS – Poliestireno Expandido;

FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço;

GPS - Sistema de Posicionamento Global;

h – Hora;

ha – Hectare;

IAP – Instituto Ambiental do Paraná;

IAT – Instituto Água e Terra;

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

INSS – Instituto Nacional de Seguro Social;

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social;

IPTU – Imposto Predial Territorial Urbano;

IPVA - Imposto Sobre a Propriedade de Veículos Automotores;

Km – Quilômetro;

L – Litro;

LAO - Licença Ambiental de Operação;
m² - Metro quadrado;
m³ - Metro cúbico;
NBR – Norma Técnica;
NM – Norma Mercosul;
PE – Pedido de Entrega;
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos;
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico;
PP – Polipropileno;
PR – Paraná;
PVC – Policloreto de Vinila;
RCC – Resíduos de Construção Civil;
RFB - Receita Federal Brasileira;
RSS - Resíduos de Serviços de Saúde;
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos;
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná;
SC – Santa Catarina;
SELIC - Sistema Especial de Liquidação e Custódia;
SIEMACO - Sindicato dos Empregados em Empresas de Asseio e Conservação de Curitiba;
SINTRUV - Sindicatos dos Trabalhadores em Transportes Rodoviários de União da Vitória;
t – Tonelada;
ZIL - Zona de Indústrias Leves e Serviços Pesados.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	20
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	20
3.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	22
3.4 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	23
3.4.1 Geração de resíduos de construção civil.....	26
3.5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	26
3.5.1 Gerenciamento no canteiro de obras	28
3.5.2 Coleta e transporte	29
3.5.3 Transbordo e triagem	30
3.5.4 Tratamento (reciclagem)	32
3.5.5 Destinação e disposição final	32
3.5.6 Aterro de inertes.....	34
3.5.7 Agregados reciclados.....	35
3.6 GERENCIAMENTO DE MADEIRA E RESÍDUOS DE PODA URBANA.....	36
3.7 DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS	37
3.8 CUSTOS ENVOLVIDOS NOS PROCESSOS DE GERENCIAMENTO	38
4. MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 NATUREZA DA PESQUISA.....	41
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	42
4.3 DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS	42
4.4 DEPRECIAÇÃO	43
4.4.1 Depreciação dos veículos de coleta.....	43
4.4.2 Depreciação de máquinas e equipamentos	44
4.4.3 Remuneração do capital investido	45
4.5 ÁREA DE ESTUDO.....	46
4.5.1 Município de União da Vitória - PR	46
4.5.2 Município de Porto União - SC	47

4.5.3 Municípios conurbados.....	47
4.5.4 Locais utilizados para o gerenciamento de resíduos.....	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
5.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL.....	51
5.1.1 Descrição da infraestrutura	51
5.1.2 Equipe de trabalho	52
5.1.3 Agendamento de caçambas estacionárias e procedimentos pré-coleta .	53
5.1.4 Coleta, transporte e armazenamento temporário	55
5.1.5 Triagem dos resíduos Classe A	57
5.1.6 Tratamento dos RCC Classe A	60
5.1.7 Aplicabilidade dos agregados reciclados.....	63
5.1.8 Gerenciamento de madeira e resíduos de poda urbana	64
5.1.9 Destinação e disposição final dos resíduos proibitivos	67
5.1.10 Contratos de prestação de serviços	68
5.2 INFORMAÇÕES QUANTITATIVAS	70
5.2.1 Informações quantitativas do município de União da Vitória - PR.....	72
5.2.2 Informações quantitativas do município de Porto União - SC	74
5.2.3 Produção de agregados reciclados	75
5.2.4 Produção de biomassa (cavaco)	77
5.2.5 Resíduos recicláveis extraídos do processo de triagem.....	78
5.2.6 Rejeitos extraídos do processo de triagem	80
5.2.7 Distância percorrida pela frota.....	81
5.2.8 Gerenciamento de gesso	82
5.2.9 Gerenciamento de resíduos classe I	83
5.3 CUSTOS FIXOS.....	83
5.3.1 Mão de obra	83
5.3.2 Equipamentos de proteção individual e uniformes	84
5.3.3 Transporte dos funcionários até a Central de Tratamento de Resíduos .	85
5.3.4 Consumo de energia elétrica.....	87
5.3.5 Impostos e seguros relativos aos veículos tipo poliguindaste	88
5.3.6 Armazenamento temporário	89
5.3.7 Despesas com licenciamento ambiental e alvarás	91
5.3.8 Manutenção programada	92
5.3.9 Depreciação da frota e equipamentos.....	93

5.3.9.1 Depreciação dos veículos tipo poliguindaste.....	93
5.3.9.2 Depreciação da pá carregadeira	95
5.3.9.3 Depreciação dos equipamentos de tratamento de resíduos	95
5.3.10 Remuneração do capital investido	96
5.3.10.1 Remuneração do capital investido nos veículos tipo poliguindaste	96
5.3.10.2 Remuneração do capital investido para a pá carregadeira e equipamentos de reciclagem.....	97
5.3.11 Outras despesas fixas	98
5.4 CUSTOS VARIÁVEIS.....	99
5.4.1 Custos relativos ao transporte dos resíduos sólidos	99
5.4.2 Consumo de combustível da pá carregadeira	100
5.4.3 Transporte de biomassa (cavaco)	101
5.4.4 Destinação final dos rejeitos.....	102
5.4.5 Transporte e destinação final de gesso.....	103
5.4.6 Destinação final de resíduos classe I	104
5.4.7 Manutenção não programada	105
5.4.8 Manutenção e conservação da infraestrutura	106
5.4.9 Despesas com publicidade.....	106
5.5 ANÁLISE DOS CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS.....	106
5.6 CUSTO UNITÁRIO.....	108
5.7 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES	110
6. CONCLUSÃO	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
APÊNDICE 01	119

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos de construção civil – RCC, popularmente chamados de entulhos, são gerados em construções, reformas, escavações e demolições de obras de construção, tais como: blocos cerâmicos, tijolos, concretos em geral, solos, madeiras, gesso, telhas de fibrocimento, metais, vidros, entre outros (BRASIL, 2002).

Os RCC, aliados aos resíduos de poda urbana, são os principais resíduos sólidos volumosos gerados nos centros urbanos. O gerenciamento incorreto destes tipos de resíduos pode causar uma série de impactos ambientais negativos ao ambiente, como proliferação de vetores e poluição do solo e da água subterrânea, impactando ainda a saúde da população.

A responsabilidade e os custos com a destinação final ambientalmente adequada dos RCC e resíduos de poda urbana competem aos próprios geradores, salvo exceções, em que o poder público municipal pode adotar políticas de auxílio a grupos de pequenos geradores, não obstante, a responsabilidade passa a ser compartilhada (BRASIL, 2010).

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 307 de 5 de julho de 2002 e respectivas alterações trazidas pelas Resoluções 469 (2015); 448 (2012); 431 (2011); 348 (2004), estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

Paralelamente, existem diversas normas técnicas complementares da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, que regulamentam os procedimentos operacionais das unidades de reciclagem e aplicabilidade dos agregados reciclados.

Embora o país seja norteado por resoluções e normas técnicas nessa temática há quase 20 anos, ainda existem lacunas no que tange ao gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana nos municípios brasileiros, face às dificuldades encontradas, principalmente pela falta de políticas públicas de incentivo fiscal.

Neste cenário, cabe destacar a importância das unidades de triagem e reciclagem de RCC e resíduos de poda urbana, que promovem a valoração dos resíduos. Os RCC são transformados em agregados reciclados e os resíduos de

poda urbana em cavaco ecológico, por exemplo. Estes procedimentos vão de encontro ao disposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10).

Adotar práticas de gerenciamento adequado para os resíduos ora discutidos, contribui positivamente com as esferas ambiental, social e econômica, diminuindo os impactos ambientais negativos causados pelo descarte ilegal e possibilitando geração de emprego e renda aos municípios.

Dentre as principais etapas do gerenciamento de RCC e resíduos de poda urbana devem-se citar coleta, transporte, armazenamento temporário, triagem, tratamento, disposição final dos rejeitos e aplicabilidade dos materiais reciclados.

De acordo com Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008; IBGE, 2010) são 4.031 municípios que apresentam serviço de manejo dos resíduos de construção civil e apenas 392 apresentam algum tipo de processamento desses resíduos, de um total de 5.564 municípios.

Atualmente, há um hiato sobre a quantificação dos principais custos que envolvem os processos de gerenciamento destes resíduos, devido a inexistência de estudos técnicos mais abrangentes nesta área. Em praticamente sua totalidade, os estudos disponíveis são voltados às projeções de custos, antes da implantação das unidades de reciclagem.

Os custos alusivos ao processo de gerenciamento são subdivididos em fixos e variáveis, sendo que os fixos se referem a mão de obra operacional e administrativa, manutenção de frota e equipamentos, depreciação e remuneração do capital investido, entre outros. Os custos variáveis referem-se ao consumo de combustível, destinação final dos rejeitos e resíduos perigosos e manutenção não programada, por exemplo.

Nesse contexto, entende-se que o estudo da composição de custos operacionais de unidades em funcionamento de gerenciamento de RCC e resíduos de poda urbana pode contribuir significativamente com a tomada de decisões para implantações de novas plantas de gerenciamento.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

Analisar os custos operacionais de uma unidade de triagem de reciclagem de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, localizada no município de União da Vitória – PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar os processos de gerenciamento realizados na unidade de triagem e reciclagem de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana;
- b) Quantificar os resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana recebidos na unidade;
- c) Estimar os custos envolvidos nas etapas de gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana;
- d) Propor alternativas para melhorias de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos na unidade analisada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos, popularmente denominados de lixo, são materiais ou objetos resultantes das atividades humanas em sociedade, dotados valor econômico, que apresentam possibilidade economicamente viável de tratamento e recuperação (CALIJURI; CUNHA, 2013).

De acordo com o art. 3º, inciso XVI, da Lei 12.305/10, que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, os resíduos sólidos são definidos como (BRASIL, 2010):

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Segundo Braga *et al.* (2005), os resíduos sólidos, quando manejados de forma incorreta, são um dos principais causadores de impactos ambientais negativos ao ambiente. Os impactos podem ser provocados por resíduos nas fases sólida, líquida e gasosa, sendo que é sob as primeira e segunda formas que ela se manifesta mais intensamente.

Para minimizar e mitigar os impactos negativos causados pelos resíduos sólidos, é necessário ter amplo conhecimento sobre suas classificações, aspectos legais, formas de gestão e gerenciamento (GUERRA, 2012), assuntos que serão tratados nos próximos tópicos.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas formas, considerando suas características físico-químicas, sua origem e seus riscos potenciais ao ambiente. Tecnicamente, a classificação mais utilizada no Brasil é aquela disposta na NBR 10.004 (ABNT, 2004a), conforme destaca o Quadro 01.

Quadro 01 – Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/04

Categoria		Características	Propriedades
Classe I – Perigosos		Apresenta periculosidade, em relação a suas propriedades físicas, químicas, ou infectocontagiosas, podendo apresentar risco à saúde pública e ao ambiente.	Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
Classe II A – Não perigosos	Não Inertes	Não se enquadram nas classificações de resíduos classe I (perigosos) ou de resíduos classe II B (inertes).	Biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
Classe II B – Não perigosos	Inertes	São aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem risco à saúde e ao ambiente.	Resíduos amostrados que não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, exceto aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Adaptado da ABNT, 2004.

Outra importante forma de classificação dos resíduos sólidos é quanto a sua origem, a qual tem grande aplicabilidade para seleção da forma de gestão e gerenciamento a serem adotadas (CEMPRE, 2018). As alíneas seguintes destacam as principais classificações dos resíduos quanto sua origem (BRASIL, 2010).

- a) Resíduos domiciliares;
- b) Resíduos comerciais;
- c) Resíduos de limpeza urbana;
- d) Resíduos de serviços públicos e saneamento básico;
- e) Resíduos de serviços de saúde - RSS;
- f) Resíduos industriais;
- g) Resíduos de construção civil - RCC;
- h) Resíduos agrossilvopastoris;
- i) Resíduos de mineração;
- j) Resíduos dos serviços de transportes.

Diante do exposto no presente tópico, cumpre salientar que a correta classificação dos resíduos sólidos está diretamente ligada a fatores econômicos, ambientais e sociais, onde todas as formas de classificação devem ser

trabalhadas em consonância, para que só assim, o gerenciamento dos resíduos ocorra de maneira correta (DEUS, *et al.* 2020).

3.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O gerenciamento de resíduos sólidos é um processo descentralizado baseado principalmente no *status* econômico de cada país, que envolve ações operacionais, financeiras, legais e de planejamento, desenvolvidos pela municipalidade com o objetivo de coletar, segregar, tratar e destinar os resíduos gerados em seu território (DAS, *et al.* 2019).

A Lei 12.305/10, destaca em art. 3º, inciso X, que o gerenciamento de resíduos sólidos são ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação e disposição final dos resíduos sólidos, incluindo os rejeitos (BRASIL, 2010). Vê-se.

[...] conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei (BRASIL, 2010).

Assim, é necessário enfatizar que cabe ao poder público, ao setor empresarial e a coletividade, direta ou indiretamente, a responsabilidade pelas atividades desenvolvidas para assegurar o correto gerenciamento dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). O Quadro 02, apresenta a responsabilidade no gerenciamento de resíduos sólidos de acordo com o gerador.

Quadro 02 – Responsabilidade no gerenciamento de resíduos sólidos

Origem do Resíduo	Responsável Direto pelo Gerenciamento
Domiciliar	Poder Público
Comercial	Poder Público
Público	Poder Público
Resíduos de Serviços de Saúde	Gerador
Indústria	Gerador
Agricultura	Gerador

Continua

Continuação do Quadro 02

Mineração	Gerador
Serviços de Transportes	Gerador
Construção Civil	Gerador
Poda Urbana (particular)	Gerador

Fonte: Adaptado de CEMPRE, 2018 e BRASIL, 2010.

Excepcionalmente, o poder público pode adotar medidas para atender o setor comercial (CEMPRE, 2018) e o setor de construção e demolição (CONAMA, 2002), desde que se enquadrem como pequenos geradores, neste caso, normalmente, definido por legislação municipal.

3.4 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos da construção civil - RCC, frequentemente chamados de entulhos de obras, são gerados em construções, reformas, reparos, demolições e obras de escavações, sendo definidos pela Lei 12.305/10 como:

[...] os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/02 (BRASIL, 2002), principal legislação federal brasileira referente aos RCC, estes são classificados em quatro classes, conforme destaca o Quadro 03 e definidos como:

[...] são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

Quadro 03 – Classificação dos RCC

Classe	Descrição (CONAMA 307/02)	Classe NBR 10.004/04	Exemplos
A	Resíduos recicláveis e reutilizáveis como agregados.	Classe II B (Inertes)	Tijolos, telhas cerâmicas, blocos de concreto, manilhas, argamassa, solo de escavação, entre outros.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações.	Classe II A (Não Inertes) e II B (Inertes)	Plástico, papel, metal, vidro, madeira, gesso, latas de tinta (sem resíduo em seu interior).
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para sua reciclagem.	Classe II A (Não Inertes) e II B (Inertes)	Rejeitos, classificados de acordo com o art. 3º, inciso XV da Lei 12.305/10 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).
D	Resíduos perigosos (Classe I, de acordo com a NBR 10.004/04).	Classe I (perigosos)	Tintas, solventes, telhas de fibrocimento que contenham amianto em sua composição, entre outros.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2002 e ABNT, 2004.

Cumprido frisar que a Resolução CONAMA 307/02 passou por alterações, as quais aprimoraram a classificação dos resíduos de construção civil (BRASIL, 2002), conforme destaca o Quadro 04.

Quadro 04 – Alterações da Resolução CONAMA 307/02

Resolução	Objeto	Principal Alteração
CONAMA nº 348/04	Altera o inciso IV do art. 3º da Resolução CONAMA nº 307/02	Inclui o amianto na classe de resíduos perigosos (Classe D)
CONAMA nº 431/11	Altera o art. 3º da Resolução CONAMA nº 307/02	Resíduos de gesso passaram da Classe C (rejeito) para a Classe B (reciclável)

Continua

Continuação do Quadro 04

CONAMA nº 448/12	Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução CONAMA nº 307/02	Alterações em definições técnicas e formas de gestão e gerenciamento dos RCC
CONAMA nº 469/15	Altera o art. 3º da Resolução CONAMA nº 307/02	Embalagens vazias de tinta imobiliária ¹ passaram a integrar a Classe B (recicláveis)

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2002.

Por outro giro, os resíduos de construção civil correspondem a 50% de todos os resíduos sólidos urbanos (CONTRERAS, *et al.* 2016), sendo que dentre as quatro classes supracitadas, os resíduos classe A são os que apresentam maior volume (YUAN, *et al.*, 2011).

Os resíduos de demolição possuem maior potencial qualitativo, quando comparado com os resíduos de construção, isto porque os primeiros são compostos apenas por fragmentos, enquanto os segundos são formados por restos de fragmentos e demais materiais (CEMPRE, 2018).

Segundo Islam *et al.* (2019), em seu estudo desenvolvido em Dhaca, Bangladesh, os resíduos de demolição dominam a taxa de geração de RCC, podendo compreender em até 88% da geração de uma cidade de grande porte, sendo que os outros 12% referem-se aos resíduos de construção. Ainda, os autores salientam que 90% dos resíduos gerados em ambas as fases são concreto, tijolo e argamassa.

De acordo com Duan *et al.* (2017), na China, 97% e 3% dos RCC são provenientes de demolições e construções, respectivamente. Quanto a composição dos resíduos, 87% do valor total são compostos por concreto, argamassa, tijolo e cerâmica. Assim, pode-se constatar que a maior fração dos RCC são provenientes de demolições, com predominância de resíduos classe A.

¹ Consideram-se embalagens vazias de tintas imobiliárias, aquelas cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem acúmulo de resíduo de tinta líquida. As embalagens de tintas usadas na construção civil serão submetidas a sistema de logística reversa, conforme requisitos da Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2015).

3.4.1 Geração de resíduos de construção civil

A quantificação de resíduos de construção civil é um processo dispendioso e demanda de uma série de fatores externos, uma vez que o gerador é responsável pelo gerenciamento destes resíduos. Desta feita, os dados encontrados em literatura não traduzem a real situação de geração de RCC no Brasil (CEMPRE, 2018).

Estimativas indicam que nos anos de 2017 e 2018, os serviços de limpeza pública dos municípios brasileiros coletaram 123.421 e 122.012 toneladas de RCC, respectivamente. Os números apresentados no presente parágrafo refletem, na sua maioria, apenas aquilo que foi abandonado em vias e logradouros públicos, ou seja, gerados em pequenas obras e reformas (ABRELPE, 2019).

Estima-se 50,3% do cimento vendido no Brasil é consumido por pessoas físicas. Isto indica que provavelmente mais da metade dos resíduos de construção civil gerado no país são oriundos de obras, reformas e demolições de pequeno porte, aleatoriamente espalhadas pelos municípios (CEMPRE, 2018).

Para que os dados de geração apresentem maior confiabilidade é necessário consultar empresas particulares licenciadas que prestam serviços de gerenciamento de RCC, bem como adotar políticas para coibir o descarte ilegal desta classe de resíduos (GALARZA, *et al.* 2015).

3.5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

O gerenciamento de resíduos de construção civil envolve as etapas de coleta, transbordo, transporte, triagem, armazenamento temporário, reservação (quando a reciclagem não for economicamente viável), reciclagem, aplicação do agregado reciclado e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2002).

No Brasil, o gerenciamento de resíduos de construção civil é norteado pela Resolução CONAMA nº 307/02 (BRASIL, 2002) e por uma série de normas

da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, conforme destacam as alíneas a seguir.

- a) **NBR 15.112/04 (ABNT, 2004b):** Resíduos de Construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- b) **NBR 15.113/04 (ABNT, 2004c):** Resíduos de Construção civil e resíduos volumosos – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- c) **NBR 15.114/04 (ABNT, 2004d):** Resíduos de Construção civil e resíduos volumosos – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- d) **NBR 15.115/04 (ABNT, 2004e):** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- e) **NBR 15.116/04 (ABNT, 2004f):** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos;

No Estado no Paraná, as atividades de gerenciamento de resíduos sólidos devem ser acompanhadas de Autorização Ambiental - AA, ato administrativo que aprova e autoriza a execução de atividades de que possam causar alterações ao ambiente. Não obstante, a Autorização Ambiental se limita apenas ao gerenciamento de RCC classe D, ou seja, aqueles enquadrados como perigosos (IAP, 2019).

Quanto aos geradores de RCC, pode-se destacar que existem duas classes distintas, sendo aqueles gerados por obras com canteiros implantados, que segregam os resíduos para reutilização na própria obra ou os disponibilizam para empresas de coleta, e aqueles gerados por pequenas obras, sem nenhum tipo de tratamento ou segregação prévia, geralmente descartados em caçambas, mas também lançados irregularmente em aterros impróprios ou até mesmo vias públicas (BAPTISTA JÚNIOR; ROMANEL, 2013).

Os próximos tópicos trazem informações sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil.

3.5.1 Gerenciamento no canteiro de obras

A previsão da geração de RCC na fase de projeto, é etapa essencial do gerenciamento de resíduos no canteiro de obras. Tal fato, pode contribuir para a redução de perdas e, conseqüentemente, redução de custos operacionais (CAETANO; FAGUNDES; GOMES; 2018).

O princípio fundamental do gerenciamento de resíduos de construção civil no canteiro de obras é a prioridade pela não geração, redução e reutilização, atendendo o disposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Uma vez gerados, os RCC, devem ser reutilizados ou passar por triagem no próprio canteiro de obras. A segregação no local de geração é um método vantajoso, que evita a contaminação dos resíduos do grupo A, com resíduos dos demais grupos, diminuindo os custos com transporte e destinação final ambientalmente adequada (EVANGELISTA; COSTA; ZANTA, 2010).

Este método consiste na separação dos RCC de acordo com suas classes, no local da obra e posterior destinação final de cada tipo de resíduo para as unidades de processamento adequada. Para que este método possa ser aplicado é necessário que o empreendimento disponha de espaço físico adequado, para construção de baias e alocação de caçambas estacionárias (EVANGELISTA; COSTA; ZANTA, 2010). As alíneas a seguir destacam a destinação final dos resíduos segregados.

- a) **Classe A:** devem ser acondicionados nas caçambas estacionárias e destinados para unidades licenciadas de reciclagem;
- b) **Classe B:** devem ser segregados e armazenados em baias, ou similar, para que possam ser destinados à coleta seletiva municipal, desde que se enquadrem como pequeno gerador, ou destinados a unidades de triagem de resíduos sólidos passíveis de reciclagem;
- c) **Classe C:** devem ser destinados para aterros sanitários ou aterros industriais licenciados. Em alguns casos podem ser destinados à coleta regular de resíduos sólidos, desde que se enquadrem como pequeno gerador;

- d) **Classe D:** devem ser segregados em tambores ou similar e destinados à aterros de resíduos perigosos, licenciados para receber resíduos Classe I.

De acordo com Bakchan, Faust e Leite (2019), a não geração, associada a diminuição, reutilização e ao correto gerenciamento dos RCC nas obras, pode gerar economias satisfatórias, a depender do porte da obra, sem considerar as externalidades não tangíveis, como por exemplo, benefícios ambientais.

3.5.2 Coleta e transporte

Os transportadores são pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis pela coleta e pelo transporte dos resíduos de construção civil e volumosos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação final (ABNT, 2004b).

A coleta e o transporte de podem ser definidos como a remoção dos resíduos dos locais de origem para unidades de transbordo, centrais de tratamento, áreas de reservação (aterro de inertes), ou diretamente para o destino final, utilizando diferentes veículos para transportes (DA SILVA, *et al.* 2015).

Usualmente nas obras de pequeno e médio porte, o transporte de RCC é realizado com veículo tipo *Brooks*, que possui capacidade para transportar caçambas estacionárias com volume de 3 m³ e 5 m³, ou superior. O transporte também pode ser realizado com veículos tipo basculante, com capacidade volumétrica superior a 10 m³, geralmente utilizados em demolições de obras, aonde a geração de resíduos é normalmente maior (CEMPRE, 2018).

De acordo com Fernandes e Silva Filho (2017), as empresas devem dispor de um sistema de logística operacional para a coleta e o transporte de RCC, contemplando o itinerário de coleta, rotas, áreas de difícil acesso, tipo do resíduo a ser coletado, entre outras informações pertinentes.

Outro fator a ser considerado, é que as empresas responsáveis pelo transporte de resíduos de construção civil devem possuir licenciamento ambiental, emitido pelo órgão ambiental estadual competente (BRASIL, 1997).

Empresas que realizam o transporte de resíduos sólidos devem portar o Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR, documento de controle de

expedição e transporte de resíduos e rejeitos, cuja emissão é de responsabilidade da empresa geradora dos mesmos. Não obstante, o transporte de RCC é dispensado de MTR, salvo aqueles enquadrados como Classe I (IAP, 2019).

3.5.3 Transbordo e triagem

As Áreas de Transbordo e Triagem – ATT, são destinadas ao recebimento de resíduos de construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual reciclagem e posterior destinação final adequada (ABNT, 2004b).

As ATT devem observar as diretrizes destacadas nas alíneas abaixo (ABNT, 2004b).

- a) Só devem ser recebidos resíduos de construção civil e resíduos volumosos;
- b) Não devem ser recebidas cargas de resíduos de construção civil constituídas predominantemente de resíduos classe D (perigosos);
- c) Os resíduos aceitos devem acompanhar documentos para controle de transporte de resíduos;
- d) Os resíduos recebidos na ATT devem ser integralmente triados;
- e) Deve ser evitado o acúmulo de material não triado;
- f) Os resíduos devem ser classificados pela natureza e acondicionados em locais diferenciados;
- g) Os rejeitos resultantes da triagem devem ser destinados adequadamente;
- h) A reciclagem dos resíduos devem ser objeto de licenciamento ambiental.

Além das ATT, é possível disponibilizar pontos de entrega de pequenos volumes, sendo áreas de pequeno porte, destinadas a entrega voluntária de pequenas quantidades de RCC e resíduos volumosos, integrante do sistema público de limpeza urbana (ABNT, 2004b).

Os resíduos recebidos na ATT devem ser previamente triados, na fonte geradora, em área de transbordo e triagem, em aterros de resíduos da construção civil e resíduos inertes ou na própria área de reciclagem, de modo

que nela sejam reciclados apenas os resíduos de construção civil classe A, incluindo o solo de escavação (ABNT, 2004b).

Uma vez que os RCC não são corretamente triados na fonte geradora, é necessário realizar esta etapa de gerenciamento nas ATT. A triagem dos RCC é um processo extremamente importante, o qual prepara os resíduos para as fases seguintes do gerenciamento, sejam elas reciclagem ou disposição final. É nesta etapa que os resíduos classe A devem ser segregados de acordo com suas características e separados dos resíduos das demais classes (B, C e D), principalmente quando o gerenciamento no local da obra é deficitário ou inexistente (WANG, *et al.*, 2010).

A triagem dos resíduos classe A deve ser realizada para atender os métodos de reciclagem adotados no empreendimento. Os resíduos devem ser separados considerando o percentual de cimento Portland e rochas presentes em sua composição, ou seja, detritos de concreto e cimento devem ser segregados de resíduos cerâmicos, originando dois tipos de matéria-prima (ABNT, 2004d).

No momento da triagem também é necessário remover os materiais proibitivos para o processo de reciclagem ou reservação, por exemplo: vergalhões, conduítes elétricos, embalagens de cimento, madeira, latas de tinta, tubulações de policloreto de vinila – PVC, entre outros resíduos gerados em construções ou demolições que não foram gerenciados corretamente na obra (WEISHENGA, HONGPING, 2012).

No Brasil a triagem dos RCC é realizada manualmente, em pátios ou esteiras, a depender do porte do empreendimento. Não obstante, alguns países utilizam opções tecnológicas mais avançadas, como a triagem mecanizada por densidade dos resíduos, ou até mesmo utilização de robôs, embora os custos destas duas opções sejam relativamente maiores que a triagem manual (LI, WANG, ZHANG, 2019).

Ademais, as áreas de triagem de RCC devem adotar medidas de controle de recebimento de resíduos, controle qualitativo e quantitativo, não sendo possível que a unidade de triagem receba resíduos diferentes das classes para qual está licenciada junto ao órgão ambiental (ABNT, 2004d).

3.5.4 Tratamento (reciclagem)

Uma alternativa para a destinação final dos RCC classe A é a reciclagem através de britador. Este processo transforma os resíduos brutos em agregados reciclados (bica corrida, brita, pedrisco e areia), os quais por sua vez podem ser empregados em vários seguimentos, inclusive retornando à construção civil (XUAN; POON; ZHENG, 2018), neste caso, excluindo as obras com fins estruturais, conforme especifica a NBR 15.116 (ABNT, 2004f).

Para Zanta, Santos e Queiroz (2018), as unidades de reciclagem de pequeno porte são uma alternativa de tratamento descentralizada de valorização dos RCC classes A e B (madeira), sendo possível sua instalação próxima à fonte geradora, atendendo pequenos, médios e grandes geradores.

De maneira geral, o processo de reciclagem dos RCC para obtenção de agregados é simples, basicamente envolve a seleção dos materiais recicláveis e processamento em equipamentos apropriados, normalmente britadores. Após a britagem, os agregados passam por uma série de peneiras normatizadas pela NBR NM 248/03, e são classificados conforme seu diâmetro (CEMPRE, 2018).

De acordo com Jain, Singhal e Pandey (2020), a reciclagem transforma os RCC em agregados graúdos e miúdos, além de recuperar solo de escavação. Este processo realizado nas usinas de reciclagem é capaz de recuperar mais de 95% dos resíduos recebidos.

Por fim, segundo Zanta, Santos e Queiroz (2019), as unidades de reciclagem de RCC podem ser compactas, não necessitando de grandes áreas para sua instalação, desde que os resíduos brutos não fiquem reservados por longo período de tempo.

3.5.5 Destinação e disposição final

A destinação final de resíduos de construção civil inclui a reutilização, a reciclagem, a recuperação, ou outras destinações admitidas pelo órgão ambiental. Não obstante, a disposição final refere-se àquela aplicada aos rejeitos em aterros, objetivando minimizar os riscos à saúde pública e ao ambiente (BRASIL, 2010).

Nesta linha, deve-se priorizar a destinação final para os RCC classes A, B e D, e a disposição final para os resíduos classe C. No caso dos resíduos perigosos (classe D), é necessário atentar para os princípios viabilidade ambiental e econômica, sendo que em alguns casos estes resíduos devem ser dispostos em aterros de resíduos perigosos (BRASIL, 2002).

A NBR 15.112 (ABNT, 2004b) destaca as destinações finais a serem adotadas para as diferentes classes dos resíduos de construção civil conforme destacam as alíneas a seguir.

- a) **Classe A:** devem ser destinados à reutilização ou reciclagem na forma de agregados ou encaminhados para aterros de resíduos da construção civil e de resíduos inertes;
- b) **Classe B:** devem ser destinados à reutilização, reciclagem e armazenamento ou encaminhados para área de disposição final de resíduos;
- c) **Classe C:** Devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas brasileiras específicas;
- d) **Classe D:** Devem ser armazenados em áreas cobertas, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas brasileiras específicas.

O Quadro 05 traz informações sobre os principais resíduos de construção civil encontrados nas áreas de triagem e destaca sua destinação final adequada.

Quadro 05 – Classificação dos principais RCC encontrados em áreas de triagem

Resíduo	Classe (CONAMA 307/02)	Classe NBR 10.004/04	Destinação final
Resíduos derivados de concreto	Classe A	Classe II B	Reciclagem
Resíduos cerâmicos	Classe A	Classe II B	Reciclagem
Solo de escavação	Classe A	Classe II B	Reutilização
Madeira	Classe B	Classe II B	Reciclagem
Gesso	Classe B	Classe II B	Reciclagem
Embalagem de cimento	Classe B	Classe II B	Reciclagem externa

Continua

Continuação do Quadro 05.

Conduite elétrico	Classe B	Classe II B	Reciclagem externa
Tubo de PVC	Classe B	Classe II B	Reciclagem externa
Latas de tinta	Classes B e D	Classes I e II	Reciclagem externa ou disposição final adequada
Vidro	Classe B e C	Classe II B	Reciclagem externa ou disposição final
Espuma	Classe C	Classes I e II ²	Disposição final

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2002 e NBR ABNT, 2004a.

Destarte, é necessário ter amplo conhecimento nas bases legais que norteiam o gerenciamento de resíduos de construção civil para proceder com sua destinação e disposição final adequada (CEMPRE, 2018).

3.5.6 Aterro de inertes

Os aterros de inertes são áreas onde se emprega técnicas de disposição final de resíduos da construção civil Classe A, incluindo os solos de escavação, visando a reservação de materiais segregados, de forma a possibilitar o uso futuro dos materiais, conforme princípios de engenharia para confina-los ao menor volume possível (ABNT, 2004c).

A seleção do local do aterro é um problema complexo de planejamento de uso e ocupação do solo, que envolve informações relacionadas aos aspectos ambientais, socioeconômicos e operacionais das localidades (GENELETTI, 2010).

A implantação dos aterros de inertes deve ser norteada por diversos controles ambientais, tais como sistema de proteção e monitoramento de águas subterrâneas e superficiais, caracterização geológica e geotécnica, local adequado para armazenamento de resíduos Classe D, uma vez que estes não podem ser reservados, entre outros (ABNT, 2004c).

Embora os aterros de inertes possam ser uma alternativa para atender localidades que não possuem áreas licenciadas para o processamento de

² A classificação das espumas, quanto a periculosidade, utilizadas na construção civil, depende do contato da espuma com outros tipos de resíduos.

resíduos de construção civil classe A, estes devem ser evitados. Para Zheng *et al.* (2017), a reciclagem de RCC pode reduzir em mais de 90% o volume dos aterros de inertes. Isto implica que melhorar a taxa de reciclagem, pode aliviar a contradição entre oferta e demanda de recursos da terra em rápida expansão.

3.5.7 Agregados reciclados

Os agregados reciclados, de acordo com a NBR 15.116/04 (ABNT, 2004f), são definidos como material granular proveniente do beneficiamento de resíduos da construção ou demolição de obras civis, apresentando características técnicas para aplicações em novas obras de construção civil.

Tecnicamente, os agregados reciclados são classificados de acordo com a NBR 16.116/04 (ABNT, 2004f), considerando a porcentagem de fragmentos à base de cimento Portland e rochas presentes em sua composição, conforme destacam as alíneas a seguir.

- a) **Agregado de Resíduo de Concreto – ARC:** agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduos pertencentes à Classe A, composto na sua fração gráuda, de no mínimo 90% em massa fragmentada à base de cimento Portland e rochas (concreto, argamassas, blocos e tubos de concreto, acima de 90%).
- b) **Agregados de Resíduo Misto – ARM:** agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduos Classe A, composto na sua fração gráuda com menos de 90% em massa fragmentada à base de cimento Portland e rochas (materiais cerâmicos, tais como tijolos, telhas, azulejos, acima de 10%).

Os principais tipos de agregados extraídos do processo de reciclagem são brita, bica corrida, pedrisco e areia. A classificação granulométrica destes agregados é realizada pelo próprio equipamento de reciclagem de RCC, o qual possui uma série de peneiras normatizadas, localizadas após o sistema de trituração (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2006).

Em outras linhas, no Brasil, existe norma técnica que norteia a utilização de agregados reciclados em camadas de pavimentação e em preparo de concretos sem função estrutural. Contudo, a utilização de agregados reciclados

no preparo de concretos com função estrutural ainda depende de estudos de viabilidade tecnológica, bem como norma específica para sua utilização (ABNT, 2004f).

Por fim, salienta-se que a utilização de produtos reciclados e recicláveis é um dos princípios previstos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, sendo objeto prioritário nas contratações governamentais (BRASIL, 2010).

3.6 GERENCIAMENTO DE MADEIRA E RESÍDUOS DE PODA URBANA

Construções a base de madeira são constantemente utilizadas e apresentam vantagens, quando comparados às obras em alvenaria, como a otimização do cronograma da obra, alta resistência mecânica, boas características de isolamento térmico e acústico, além de gerar menos resíduos sólidos (SVAJLENKA, KOZLOVSKÁ, 2019).

Segundo Paiva Filho *et al.* (2018), a maior fração de madeira utilizada na construção civil é na cobertura, enquanto como item temporário é mais comum em formas de concretagem e ancoragem de lajes. Os rejeitos de madeira, por sua vez, devem ser coletados e destinados a empresas especializadas no tratamento destes resíduos.

Caetano, Selbach e Gomes (2016) destacam em seu estudo que em construções horizontais, a madeira pode apresentar aproximadamente 39% do volume total de resíduos gerados em obras. Seu alto índice de geração refere-se à utilização para ancoragem, armazenamento de insumos e materiais e elaboração de caixaria para concretagem.

De acordo com Dionizio *et al.* (2019), uma alternativa para o tratamento de resíduos de construção civil classe B (madeira), é a geração de energia através da queima da biomassa. Para tal, é necessário processar os resíduos em triturador, de modo a adequar a granulometria.

Vale ressaltar que os resíduos de madeira de construção civil, usualmente enquadrados como Classe B, quando contaminados com tinta e/ou isolante térmico, passam a ser classificados como classe D (resíduos perigosos), sendo vedada sua queima para reaproveitamento energético (BRASIL, 2002).

Por outro giro, os resíduos florestais, em especial àqueles oriundos da poda urbana, podem ser processados e reciclados em conjunto com os resíduos

de construção civil Classe B. Uma das aplicabilidades mais rentáveis e utilizadas é a geração de energia a partir da biomassa lenhosa (NOWAK, GREENFIELD, ASH, 2019).

Por fim, destaca-se que os resíduos de poda urbana se referem àqueles gerados nos centros urbanos, tais como residências, empresas, indústrias, entre outros, cuja responsabilidade de destinação final é do próprio gerador. Não há que se confundir resíduos de poda urbana com resíduos de limpeza urbana, cuja definição é ampla e a gestão diferenciada (BRASIL, 2010).

3.7 DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS

A diminuição da matéria-prima e os elevados custos para extração mineral, aliados ao espaço limitado para disposição final dos RCC em aterros de inertes, incentivou esforços para encaminhar os resíduos para unidades de triagem, reutilização e reciclagem. Embora estes esforços venham sendo realizados, os países tendem a sofrer com o descarte ilegal, principalmente os que se encontram em desenvolvimento (SROUR, ALZAGHRINI, SROUR, 2019).

Cumprido destacar que o descarte irregular de RCC e resíduos de poda urbana, também chamado de *dumping* ilegal, é considerado um crime ambiental, conforme destaca o art. 54, § 2º, alínea V, da Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Vê-se.

Ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos (BRASIL, 1998).

As empresas e/ou autônomos que não possuem licenciamento ambiental e realizam as atividades de coleta, transporte e destinação final, usualmente chamados de caçambeiros, são as grandes responsáveis pelo descarte irregular de RCC. Estes descartes, por sua vez, são realizados em terrenos vagos, aterros clandestinos e áreas de bota-fora, sendo que muitos desses pontos se localizam próximos a margens de rios e estradas rurais (VIEIRA *et al.*, 2019).

Neste ponto, considerando que a maioria das atividades de construção civil são realizadas por pequenas e médias empresas e que as podas são realizadas em residências, é vital que elas sejam controladas por uma entidade

externa, uma vez que os órgãos ambientais estaduais e federais são responsáveis apenas por empreendimentos com maior potencial poluidor (BRITO, SILVA, DHIR, 2017).

Outrossim, salienta-se que no Estado do Paraná é proibido a disposição final de resíduos de construção civil em células destinadas ao recebimento de resíduos sólidos urbanos (CEMA, 2014).

É importante destacar que a responsabilidade pela correta destinação final dos resíduos de construção civil (BRASIL, 2012) e resíduos de poda urbana (BRASIL, 2010) é do próprio gerador. Uma vez que os resíduos saem do local da obra, essa responsabilidade passa a ser compartilhada (BRASIL, 2010).

Uma alternativa seria efetuar o cadastro das empresas que realizam o transporte de RCC e resíduos de poda urbana junto à prefeitura municipal ou órgãos ambientais, com implantação de rastreadores nos veículos de coleta e possível apreensão do veículo em caso de infração. Essas ações são excelentes opções de gestão para coibir o *dumping* ilegal, trazendo resultados positivos e aumento no envio dos resíduos para locais licenciados (PORTNOV; SEROR; HARELI, 2014).

3.8 CUSTOS ENVOLVIDOS NOS PROCESSOS DE GERENCIAMENTO

Os custos que compõe a atividade de gerenciamento de RCC e resíduos de poda urbana podem ser definidos como a soma dos insumos (mão de obra, energia, materiais, equipamentos de proteção individual - EPIs, instalações, entre outros), necessários para realizar as atividades (CEMPRE, 2018).

Os custos podem ser classificados em fixos e variáveis. Os custos fixos englobam as despesas que não oscilam com o nível de atividade da empresa ou com o grau de utilização dos equipamentos. Os custos variáveis são proporcionais à utilização dos equipamentos, como por exemplo o custo por quilômetro percorrido pela frota de coleta (CEMPRE, 2018). As alíneas abaixo destacam os principais custos fixos e variáveis encontrados na atividade de gerenciamento de RCC.

- a) **Custos fixos:** depreciação dos veículos de coleta, remuneração do capital empregado nos veículos, seguros, imposto sobre a propriedade de

veículos automotores – IPVA, aluguéis, mão de obra direta e indireta, uniformes, EPIs, transporte dos colaboradores, comunicação (internet, telefone), manutenção da frota (programada), consumo de energia elétrica, entre outros.

- b) Custos variáveis:** Destinação final dos rejeitos e resíduos perigosos, consumo de combustível (varia de acordo com a quilometragem mensal percorrida), manutenção da frota (não programada), entre outros.

Brito e Coelho (2013), projetaram os custos operacionais de uma central de reciclagem de RCC localizada em Lisboa, Portugal. Os principais custos estimados pelos autores foram aqueles relativos ao consumo de energia elétrica, transporte dos resíduos, manutenção de veículos e equipamentos, mão de obra, custos relativos à destinação final de rejeitos e demais despesas de menor monta.

Nunes *et al.* (2007), estimaram através de projeções os custos operacionais de unidades de reciclagem de RCC com capacidade nominal de 20 e 100 toneladas por hora. Os custos fixos (mão de obra, energia elétrica, manutenção, depreciação, seguros, entre outros) representaram aproximadamente 80% das despesas operacionais da unidade, enquanto os custos variáveis (manutenção não programada, consumo de combustível e destinação final dos rejeitos) representam os 20% restantes das despesas operacionais.

Os custos operacionais das unidades de reciclagem de resíduos de construção civil variam de acordo com sua capacidade operacional. De acordo com Lenihan, Duran e O'Regan (2006), o custo da tonelada do resíduo reciclado diminui na medida em que a escala de reciclagem aumenta. Nunes *et al.* (2007) complementam que o fluxo de processamento inferior a 20 toneladas por hora provavelmente não será financeiramente viável.

O custo unitário de reciclagem em instalações de grande porte é menor do que nas instalações de pequeno porte. Instalações de grande porte apresentam maior lucratividade absoluta e maior resiliência quanto às flutuações dos parâmetros operacionais (ULUBEYLI; KAZAZ; ARSLAN, 2017).

No Brasil, os centros de reciclagem de RCC não são financeiramente viáveis com base apenas na receita de agregados reciclados. No entanto, as

práticas de cobrança para receber os resíduos brutos nas unidades, a quantidade de resíduos processados e incentivos governamentais podem mudar o cenário da reciclagem de RCC (NUNES, *et al.* 2007).

Por fim, para Lenihan, Duran e O'Regan (2006), a viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCC será alcançada quando o custo de disposição em aterros de inertes for superior ao custo da reciclagem, bem como quando forem instituídas políticas públicas consistentes para utilização dos agregados reciclados.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 NATUREZA DA PESQUISA

Gil (2019) define pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

A pesquisa científica pode englobar duas vertentes doutrinárias, nas quais destacam-se as abordagens quantitativa e qualitativa. O primeiro método não utiliza a estatística paramétrica como base do processo de análise, compreendendo atividades ou investigações que podem ser denominadas específicas. Já o segundo método apontado, pode ser caracterizado pelo emprego da qualificação, tanto na coleta de informações quanto no tratamento dos dados por técnicas estatísticas (GIL, 2019).

O presente trabalho refere-se a um estudo de caso, através da análise dos processos de gerenciamento de resíduos da construção civil adotados por uma central de triagem e tratamento, localizada no município de União da Vitória – PR, cujo principal objetivo é avaliar seus custos operacionais. O Quadro 06 destaca a classificação metodológica do trabalho.

Quadro 06 – Classificação metodológica do trabalho

Objetivo da Pesquisa	Natureza da Pesquisa	Objeto de Estudo	Técnica de Coleta de Dados	Técnica de Análise de Dados
Descritiva exploratória	Qualitativa e quantitativa	Estudo de caso	Observação, pesquisa documental e pesquisa bibliográfica	Análise de conteúdo e estatística descritiva

Fonte: Adaptado de Marconi e Lakatos, 2010.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

A metodologia do presente trabalho foi caracterizada quanto aos objetivos e quanto às fontes e procedimentos de coleta de dados. Diante do exposto, a pesquisa foi dividida em componentes, conforme destacam as alíneas a seguir.

- a) Pesquisa bibliográfica para fundamentação e obtenção da base legal do trabalho;
- b) Visitas de campo para análise dos processos de gerenciamento de resíduos de construção civil, através da observação direta;
- c) Consulta ao banco de dados da empresa, para obtenção de dados referentes às entradas de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana e produção de agregados reciclados e cavaco;
- d) Consulta ao banco de dados da empresa para obtenção de dados referentes aos custos operacionais fixos e variáveis;
- e) Análise dos dados quantitativos a partir de estatística descritiva.

Os dados de campo foram obtidos em uma empresa que atua no gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, localizada em União da Vitória – PR. A referida empresa possui licenciamento ambiental para as atividades de coleta, transporte, triagem, tratamento e destinação final de RCC.

O universo temporal da pesquisa estende-se de janeiro de 2017 a dezembro de 2019. Este intervalo foi escolhido em virtude do funcionamento integral da unidade de triagem e reciclagem dos resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, bem como por ser um período de tempo significativo, que consequentemente proporcionará maior credibilidade ao estudo.

4.3 DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS

Os custos fixos e variáveis da Central de Tratamento de Resíduos foram balizados considerando a situação real do empreendimento, utilizando como material de apoio obras literárias do CEMPRE (2018) e Nunes *et al.* (2007). Estes custos podem ser observados no Quadro 07.

Quadro 07 – Custos fixos e variáveis da Central de Tratamento de Resíduos

Custos Fixos	Custos Variáveis
Depreciação da frota equipamentos, remuneração do capital investido, seguros, IPVA, aluguel da área de armazenamento temporário, mão de obra, transporte dos colaboradores até a unidade de tratamento, renovação do licenciamento ambiental, energia elétrica, tarifas de internet e telefone, vigilância, manutenção programada, uniforme e EPIS.	Manutenção não programada, consumo de combustível, destinação final dos rejeitos, gesso e resíduos perigosos, publicidade, manutenção da unidade.

Fonte: Autor, 2020.

Após determinação dos custos (fixos e variáveis) foi possível, através de consulta ao banco de dados da empresa, estimar os custos relacionados à reciclagem de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana no decurso de 2017 a 2019, os quais serão apresentados no decorrer do presente documento.

4.4 DEPRECIAÇÃO

4.4.1 Depreciação dos veículos de coleta

A depreciação dos veículos é um item de despesa de capital que consiste na perda do valor do veículo ao longo do tempo, que é decorrente do desgaste do veículo devido ao uso e de sua obsolescência. De maneira resumida, a depreciação corresponde à parcela do valor do veículo a ser reservada mensalmente durante sua vida útil, para que no término desse período, a empresa possa substituí-lo por veículo no mínimo similar (CEMPRE, 2018).

Embora exista mais de uma metodologia de cálculo, entende-se que atividades relativas à coleta de resíduos sólidos, o método linear de depreciação é o mais indicado, pois considera o custo fixo mensal, sem variações ao longo do tempo (TCE, 2019). O coeficiente de depreciação linear pode ser obtido utilizando a Equação 01.

Equação 01 – Cálculo de depreciação dos veículos tipo poliguindaste

$$Dep = \frac{1 - \frac{VR}{100}}{VU}$$

Onde:

Dep – Coeficiente anual de depreciação;

VR – Valor residual, expresso em uma porcentagem do preço do veículo novo;

VU – Vida útil do veículo em anos.

Fonte: Adaptado de CEMPRE (2018) e TCE (2019).

Embora o cálculo usual de depreciação, estimado através da Equação 01, seja adotado para veículos de coleta de resíduos sólidos urbanos equipados com compactadores, entende-se que a metodologia possa ser utilizada para os veículos tipo poliguindaste, uma vez que os parâmetros-chaves envolvem o valor residual e vida útil dos veículos.

Por fim, destaca-se que a Receita Federal Brasileira considera que veículos utilizados na coleta de resíduos têm vida útil de cinco anos e taxa anual de depreciação de 20% (RFB, 2017). Contudo, este valor não traduz a realidade da maioria das empresas de gerenciamento de resíduos sólidos, que normalmente utilizam os veículos por tempo superior a dez anos.

4.4.2 Depreciação de máquinas e equipamentos

De acordo com a Instrução Normativa nº 1.700, de 14 de março de 2017, da Receita Federal Brasileira – RFB, a taxa anual de depreciação para equipamentos e/ou máquinas para trabalhar com pedras, produtos cerâmicos, concreto e madeira é de 10% ao ano. Ainda de acordo com a Instrução Normativa, a vida útil destes equipamentos é de 10 anos (RFB, 2017).

A depreciação de máquinas pesadas adotada pela Receita Federal Brasileira é de 10% ao ano, com vida útil de 10 anos (RFB, 2017). Vale destacar que considerando estes parâmetros, não há valor residual ao fim dos 10 anos, e os equipamentos se tornam obsoletos.

Assim, o coeficiente de depreciação será adotado considerando as reais características da empresa analisada, uma vez que as taxas de depreciação

indicadas pela Receita Federal Brasileira estão fora da realidade das empresas brasileiras.

4.4.3 Remuneração do Capital Investido

A remuneração do capital visa estabelecer o retorno ou remuneração do pecúlio investido na frota. Resumidamente, corresponde ao lucro que a empresa deixa de ter, uma vez que os recursos foram aplicados na aquisição do veículo e não em outro fundo, como ações ou poupança, por exemplo (CEMPRE, 2018).

Este parâmetro pode ser calculado utilizando a Equação 02, que considera a taxa anual de juros de mercado, adotando-se a taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia – SELIC, a vida útil do veículo ou bens e os valores inicial e residual dos veículos ou bens (TCE, 2019).

Equação 02 – remuneração do capital investido

$$Jm = \frac{\left((Vo - Vr) \frac{(n + 1)}{2n} + Vr \right) i}{12}$$

Onde:

Jm- Remuneração de capital mensal;

i – Taxa de juros do mercado (admite-se adotar a taxa SELIC);

Vo – Valor inicial do veículo ou bens;

Vr – Valor residual do veículo ou bens;

n – Vida útil em anos.

Fonte: Adaptado de CEMPRE (2018) e TCE (2019).

Assim, os custos com juros correspondem ao rendimento de um investimento do mesmo valor do equipamento ao longo de sua vida útil, tal qual está diretamente relacionado com a depreciação e valor residual do veículo ou equipamento (CEMPRE, 2018).

4.5 ÁREA DE ESTUDO

4.5.1 Município de União da Vitória - PR

O município de União da Vitória está localizado no extremo sul do estado do Paraná, conforme ilustra a Figura 01. Possui área de 713,565 Km², população estimada de 57.517 habitantes, densidade demográfica do município é 80,19 hab.(km²)⁻¹ e apresenta grau de urbanização de 94,78% (IPARDES, 2020).

Figura 01 – Localização espacial de União da Vitória - PR



Fonte: Autor, 2020.

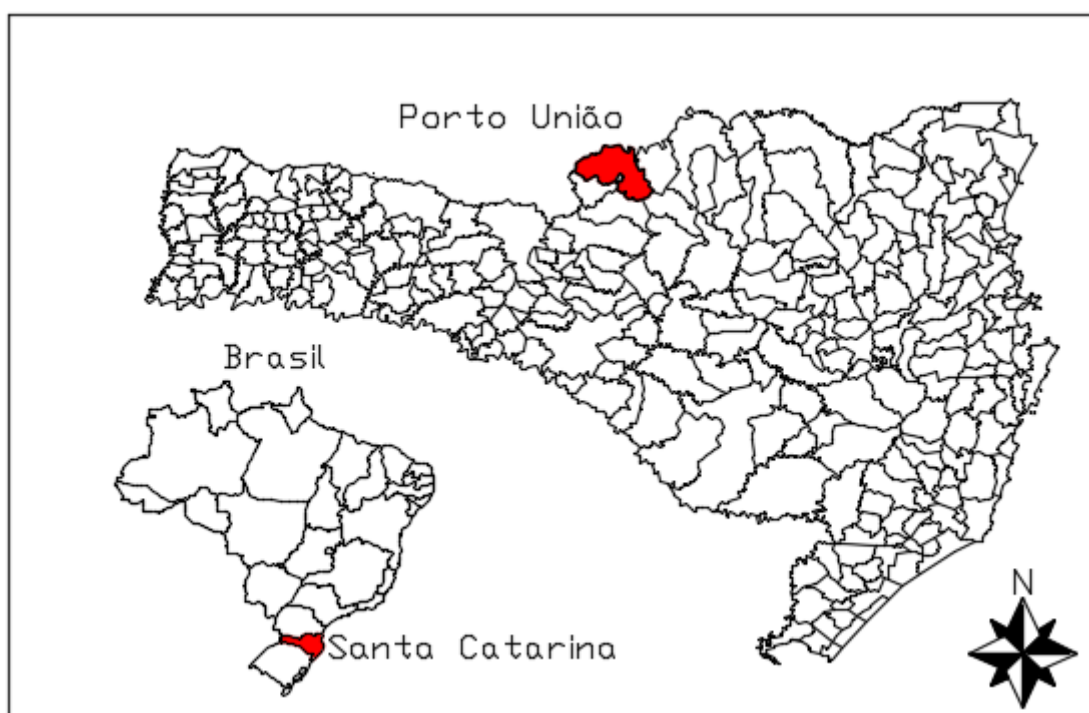
De acordo com o Plano Diretor de União da Vitória, o clima da região é do tipo Subtropical Úmido Mesotérmico, Cfb (Köppen-Geiger), com verões suaves e invernos severos com geadas frequentes, não apresentando estação seca (UNIÃO DA VITÓRIA, 2007).

O município de União da Vitória faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu, especificamente da unidade hidrográfica do Médio Iguaçu. A Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu abrange uma área total, dentro do Estado do Paraná, de 54.820,4 Km², cerca de 28% da área total do estado (ANA, 2010).

4.5.2 Município de Porto União - SC

O município de Porto União está inserido na região Norte do Estado de Santa Catarina, conforme ilustra a Figura 02. Possui extensão territorial de 851,24 Km² e densidade demográfica de 39,62 hab.(km²)⁻¹. De acordo com a última estimativa populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, realizado em 2019, o município possui aproximadamente 35.398 habitantes (IBGE, 2020).

Figura 02 – Localização espacial de Porto União - SC



Fonte: Autor, 2020.

O município de Porto União faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Timbó, afluente do Rio Iguaçu. A Bacia Hidrográfica do Rio Timbó engloba 12 municípios e abrange uma área total, dentro do Estado de Santa Catarina, de 4.991,0 Km², (SIRHESC, 2020).

4.5.3 Municípios conurbados

O município de Porto União – SC, faz divisa com o município de União da Vitória - PR, através da linha férrea e do Rio Iguaçu, afluente do Rio Paraná.

Desta forma, União da Vitória – PR e Porto União – SC formam um único núcleo urbano de aproximadamente 93 mil habitantes. A Figura 03 ilustra a localização do município de União da Vitória - PR, o qual é limítrofe do município de Porto União – SC.

Figura 03 – Localização espacial dos municípios de União da Vitória – PR e Porto União – SC



Fonte: Autor, 2020.

Os municípios de União da Vitória – PR e Porto União – SC são conurbados, sendo que a fronteira seca corta a região urbana central das duas cidades e também longo trecho da região rural.

A população, de fato, é uma só, e os ambientes urbanos e rural de ambos os municípios também constituem um único ecossistema, impactado, portanto,

indistintamente pelas atividades antrópicas dos dois municípios, exigindo destarte soluções conjuntas e otimizadas independentes dos limites jurídicos geográficos.

Os serviços de saneamento básico essencial, como tratamento e distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto, são prestados em ambos os municípios pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, mesmo o município de Porto União estando localizado no estado de Santa Catarina.

Atentas a essas peculiaridades, deve-se observar o disposto no art. 6º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), que estabelece, dentre seus princípios, a gestão integrada e a universalização da prestação de serviços públicos de manejo de resíduos sólidos.

Face ao exposto, adotar medidas de gerenciamento de resíduos sólidos integradas para ambos os municípios é legalmente praticável e deve ser priorizada sempre que possível.

4.5.4 Locais utilizados para o gerenciamento de resíduos

A empresa estudada possui três locais de infraestrutura que estão diretamente ligados ao gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, conforme destacam as alíneas abaixo. A localização espacial dos referidos locais está destacada na Apêndice 01.

- a) Central de Tratamento de Resíduos: local destinado a triagem e reciclagem de RCC e resíduos de poda urbana;
- b) Área de armazenamento temporário: local destinado ao armazenamento temporário de RCC e resíduos de poda urbana e;
- c) Sede administrativa: local destinado ao apoio administrativo, estacionamento dos veículos de coleta e abastecimento da frota.

A Central de Tratamento de Resíduos – CTR da empresa está localizada na área rural do município de União da Vitória – PR, possui área total de 24,20 hectares (242.000,00 m²), sendo que aproximadamente 3,00 hectares (30.000,00 m²) são destinados aos serviços de gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana.

A unidade de armazenamento temporário de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana possui área de 0,19 hectares (1.975,08 m²) e está localizada na Zona de Indústrias Leves e Serviços Pesados – ZIL do município de União da Vitória – PR. A referida área fica 6,50 quilômetros distante da Central de Tratamento de Resíduos da empresa.

O local é destinado exclusivamente ao armazenamento temporário de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, sendo vedado o armazenamento temporário de resíduos perigosos e realização de transbordo no local.

A sede administrativa da empresa possui área de 0,50 hectares (5.046,07 m²) e está localizada no distrito industrial do município de União da Vitória – PR. O local é utilizado para o estacionamento e abastecimento da frota de coleta de RCC, bem como para apoio administrativo.

O abastecimento da frota é realizado em um ponto de abastecimento autônomo da própria empresa, localizado anexo à sede administrativa. O referido ponto encontra-se licenciado junto ao órgão ambiental estadual, a saber, o Instituto Água e Terra (IAT).

Ademais, destaca-se que apesar das infraestruturas se localizarem no Município de União da Vitória – PR, a empresa também presta serviços de gestão e gerenciamento de resíduos no município de Porto União – SC.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

Nos próximos tópicos, será apresentado uma síntese sobre o gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, destacando acerca da infraestrutura da unidade de tratamento e informações quantitativas dos resíduos gerenciados no período de 2017 a 2019. Após a descrição da unidade, serão apresentados os custos fixos e variáveis envolvidos nas etapas do gerenciamento.

5.1.1 Descrição da infraestrutura

As alíneas abaixo destacam as principais infraestruturas do empreendimento, bem como suas respectivas finalidades.

- a) **Guarita:** controle de acesso e de cargas de resíduos;
- b) **Plataforma de vistoria:** utilizada na vistoria de cargas dos resíduos destinados à unidade;
- c) **Área de descarga:** destinada à descarga dos resíduos brutos (RCC e poda urbana), os quais permanecem armazenados temporariamente no local, aguardando a triagem;
- d) **Área de triagem:** destinada à triagem manual dos RCC e resíduos de poda urbana;
- e) **Barracão para armazenamento temporário:** utilizado no armazenamento temporário de resíduos e rejeitos segregados no processo de triagem e conseqüentemente proibitivos para o processo de reciclagem;
- f) **Área de reciclagem:** o local contempla um britador, para reciclagem dos RCC (Classe A) e um picador, para reciclagem de madeira (Classe B) e resíduos de poda urbana;
- g) **Área para armazenamento de agregados:** Após a reciclagem, os agregados são armazenados em pátio não coberto;
- h) **Área de vivência:** contempla refeitório, sanitários e vestuários.

Na área que contempla a Central de Tratamento de Resíduos está implantado um aterro sanitário e industrial Classe II, no qual são dispostos os rejeitos não perigosos (classe II) oriundos do processo de triagem de RCC.

Cumprе salientar que o empreendimento possui Licença Ambiental de Operação - LAO para as atividades de recebimento, triagem, segregação e acondicionamento de resíduos sólidos não perigosos para fins de tratamento *in loco* e disposição final de resíduos e rejeitos classe II em aterro sanitário e industrial, seguindo as normas e diretrizes regulamentadas pelo Instituto Terra e Água – IAT.

5.1.2 Equipe de trabalho

A equipe de trabalho responsável pelo gerenciamento dos RCC é composta por quatorze colaboradores que atuam de maneira direta na prestação dos serviços e um colaborador que atua de maneira indireta, no apoio técnico e administrativo. No Quadro 08 é apresentada a equipe de trabalho do empreendimento.

Quadro 08 – Equipe de trabalho

Função	Setor	Quantidade	Participação	Período de Trabalho
Encarregado de serviços	Operacional	01	Direta	Diurno
Motorista de caminhão	Operacional	02	Direta	Diurno
Motorista de caminhão	Operacional	01	Direta	Noturno
Controlador de acesso	Operacional	01	Direta	Diurno
Controlador de acesso	Operacional	01	Direta	Noturno
Operador de britador	Operacional	01	Direta	Diurno
Operador de picador de madeira	Operacional	01	Direta	Diurno
Separador de RCC	Operacional	03	Direta	Diurno
Operador de carregadeira	Operacional	01	Direta	Diurno
Serviços gerais (operador de máquina costal)	Operacional	01	Direta	Diurno

Continua

Continuação do Quadro 08

Auxiliar administrativo (agendamento)	Administrativo	01	Direta	Diurno
Engenheiro responsável técnico	Administrativo	01	Indireta	Diurno

Fonte: Autor, 2020.

Diariamente, de segunda-feira a sexta-feira, a equipe de trabalho operacional se desloca até a Central de Tratamento de Resíduos com um veículo (ônibus) particular da empresa.

Os colaboradores do setor administrativo, desenvolvem suas atividades na sede da empresa, com exceção do responsável técnico, que semanalmente se desloca até o setor operacional para realizar acompanhamento técnico e vistorias de campo.

Por outro giro, os profissionais dos setores operacional e administrativo da empresa, excluindo o engenheiro ambiental, são amparados pelo sindicato de cada categoria, que regulamenta a carga horária de trabalho e salário-mínimo profissional, através das convenções trabalhistas.

Os principais sindicatos que regulamentam as profissões destacadas no Quadro 08, são o Sindicato dos Empregados em Empresas de Asseio e Conservação de Curitiba – SIEMACO, o Sindicato dos Trabalhadores em Transportes Rodoviários de União da Vitória – SINTRUV e o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia – CONFEA.

5.1.3 Agendamento de caçambas estacionárias e procedimentos pré-coleta

O serviço de agendamento de caçambas estacionárias é direcionado para os municípios de União da Vitória – PR e Porto União – SC, exclusivamente para coleta de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana. Este serviço, normalmente é utilizado em obras de pequeno e médio porte.

As caçambas estacionárias possuem capacidade volumétrica de 3 m³ e 5 m³ e são locadas conforme demanda e solicitação dos geradores, permanecendo local da obra por 12 horas ou 24 horas.

O custo unitário do serviço de locação, é determinado de acordo com a capacidade volumétrica da caçamba, tempo de permanência na obra e tipo de RCC depositado, conforme destaca O Quadro 09.

Quadro 09 – Custo unitário para locação de caçambas estacionárias

Tipo do Resíduo	Tempo de Locação	Volume	Valor (R\$)	Valor (R\$/m ³)
Classe A ¹	12 horas	3 m ³	105,00	35,00
Classe B (madeira) ²			80,00	26,66
Classe A e B (misto) ³			165,00	55,00
Classe A	12 horas	5 m ³	130,00	26,00
Classe B (madeira)			100,00	20,00
Classe A e B (misto)			200,00	40,00
Classe A	24 horas	3 m ³	140,00	46,66
Classe B (madeira)			120,00	40,00
Classe A e B (misto)			220,00	73,33
Classe A	24 horas	5 m ³	170,00	34,00
Classe B (madeira)			140,00	28,00
Classe A e B (misto)			250,00	50,00

¹ Apenas resíduos classe A, incluindo solo de escavação;

² Inclui madeira e resíduos de poda urbana;

³ Resíduos classe A misturados com madeira e resíduos de poda urbana.

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Caso o locatário deposite nas caçambas estacionárias resíduos divergentes daquele contratado, estará sujeito ao pagamento de multa, no valor de R\$ 350,00. Dentre os resíduos divergentes destacam-se: gesso, latas de tinta, lâmpadas, pilhas, baterias, eletroeletrônicos, pneus, entre outros.

Considerando que a empresa não gerencia resíduos que contenham amianto em sua composição, caso o gerador acondicione telhas de fibrocimento ou similares, a caçamba estacionária não será retirada do local da obra.

Dentre o quadro de colaboradores da empresa, existe um profissional treinado, responsável por realizar o agendamento do serviço de locação temporária de caçambas estacionárias.

Uma vez solicitado o serviço de locação, o gerador é orientado sobre quais tipos de resíduos podem ser depositados na caçamba estacionária, além de um pôster explicativo no momento da entrega da caçamba no local da obra.

Todas as caçambas estacionárias da empresa possuem número de controle interno, associado ao Pedido de Entrega – PE, o qual é assinado pelo locatário no instante da entrega da caçamba. No momento da coleta, o motorista responsável realiza registro fotográfico dos resíduos. Desta forma, é possível rastrear os geradores que depositaram resíduos divergentes nas caçambas estacionárias.

Por outro giro, a empresa também oferece serviços de destinação final para resíduos de construção civil considerados divergentes para o processo de reciclagem e usualmente descartados pelos geradores, conforme destaca o Quadro 10.

Quadro 10 – Custo para destinação final de RCC de outras classes

Resíduo	Classe (CONAMA 307/02)	Unidade de Medida	Valor (R\$)
Gesso	Classe B	m ³	200,00
Gesso ¹	Classe B	Kg	1,00
EPS (Isopor)	Classe B	Kg	0,50
Plástico e papel	Classe B	Kg	0,50
Vergalhão	Classe B	Kg	0,50
Lata de tinta vazia	Classe B	Kg	0,50
Rejeitos	Classe C	Kg	0,25
Lata de tinta com resíduo	Classe D	Kg	2,00

¹ Limitado a 100 Kg por gerador.

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Além dos custos destacados no Quadro 10, há uma taxa de coleta no valor de R\$ 50,00, exclusiva para os municípios de União da Vitória – PR e Porto União – SC. Caso a coleta seja realizada em outro município é cobrado o valor de R\$ 4,00 por quilômetro rodado.

5.1.4 Coleta, transporte e armazenamento temporário

A coleta dos resíduos de construção civil, previamente acondicionados nas caçambas estacionárias, é realizada com veículo tipo poliguindaste, também denominado de *brooks*, conforme destacado na Figura 04. A empresa dispõe de

dois veículos tipo poliguindaste, dois eixos (tipo toco) sendo um com capacidade de carga simples e um com capacidade de carga dupla.

Figura 04 – Veículo tipo poliguindaste duplo



Fonte: Autor, 2020.

Posteriormente, os resíduos são transportados até a área de armazenamento temporário da empresa, conforme destaca a Figura 05, localizada próximo a região central do município de União da Vitória – PR. O objetivo do armazenamento temporário é facilitar a logística operacional, aonde todas as caçambas estacionárias coletadas durante o período diurno são armazenadas temporariamente em um único local de fácil acesso.

No período noturno, as caçambas estacionárias carregadas são transportadas da área de armazenamento temporário até a Central de Tratamento de Resíduos – CTR da empresa, localizada a aproximadamente 6,5 Km do local de armazenamento.

Para atender obras de grande porte, a empresa disponibiliza de veículo tipo caçamba fixa, com capacidade volumétrica de 14,00 m³. Neste caso, a coleta no local da obra e o transporte até a CTR da empresa são realizados sequencialmente, não sendo necessário utilizar a área de armazenamento temporário.

Figura 05 – Área de armazenamento temporário



Fonte: Autor, 2019.

Como terceira opção, o gerador pode contratar serviço terceirizado de coleta e transporte de RCC, sendo que a empresa fica responsável apenas pelo recebimento em sua Central de Tratamento de Resíduos. Neste caso, somente são aceitas empresas licenciadas para a atividade de transporte de resíduos junto ao órgão ambiental estadual.

5.1.5 Triagem de Resíduos Classe A

Todo resíduo de construção civil que chega na Central de Tratamento de Resíduos da empresa é submetido a um rigoroso processo de triagem manual, cujo principal objetivo é remover materiais proibitivos para o processo de reciclagem, segregando os resíduos Classe A dos resíduos das demais classes.

Objetivando atender as especificações da NBR 15.116 (ABNT, 2004f), os resíduos Classe A, são subdivididos em materiais do Grupo I e do Grupo II, a saber:

a) Grupo I (cinza): materiais compostos de cimento, cal, areia e brita (concreto, argamassas, blocos de concreto, acima de 90%);

b) Grupo II (misto): materiais cerâmicos (telhas, tijolos, manilhas, azulejos, acima de 10%).

O processo de triagem é realizado em área plana, sem cobertura, conforme Figura 06. Primeiramente os resíduos são espalhados na área de triagem com auxílio de pá carregadeira. Neste momento, os resíduos das classes B, C e D são separados manualmente dos resíduos do grupo A.

Figura 06 – Área de triagem de RCC



Fonte: Autor, 2019.

Os resíduos classes B, C e D, considerados proibitivos para o processo de reciclagem, são armazenados em caçambas estacionárias, as quais estão condicionadas em local coberto, conforme destaca a Figura 07.

Os processos de armazenamento temporário e triagem realizados pela empresa, vão de encontro ao disposto na NBR 15.112/04 (ABNT, 2004b), que estabelece diretrizes para implantação e operação destas unidades.

Figura 07 – Área de armazenamento dos materiais proibitivos ao processo de reciclagem de RCC classe A



Fonte: Autor, 2019.

Os resíduos classe A oriundos de elementos estruturais (vigas, pilares, sapatas, entre outros), são submetidos ao processo de remoção de vergalhões e redução de tamanho, uma vez que o britador utilizado na reciclagem não consegue processar estes resíduos na sua forma bruta. O pré-condicionamento dos elementos estruturais é realizado com martelo demolidor, conforme demonstrado na Figura 08.

Figura 08 – Utilização do martelo demolidor



Fonte: Autor, 2020.

5.1.6 Tratamento dos RCC classe A

A reciclagem dos resíduos de construção civil classe A é realizada em britador de mandíbula, marca Vegedry, modelo Queixada 400, que possui capacidade nominal de processamento de $5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

A Figura 09 ilustra o britador utilizado no processo de reciclagem de RCC.

Figura 09 – Britador de RCC



Fonte: Autor, 2020.

O britador é composto por um sistema de mandíbulas, fixa e móvel, o que proporciona movimento de aproximação e afastamento entre elas, havendo um afunilamento da entrada do britador até a saída das mandíbulas. Desta forma, os RCC, das mais variadas formas e tamanhos, são triturados a medida em que são deslocados pelo equipamento.

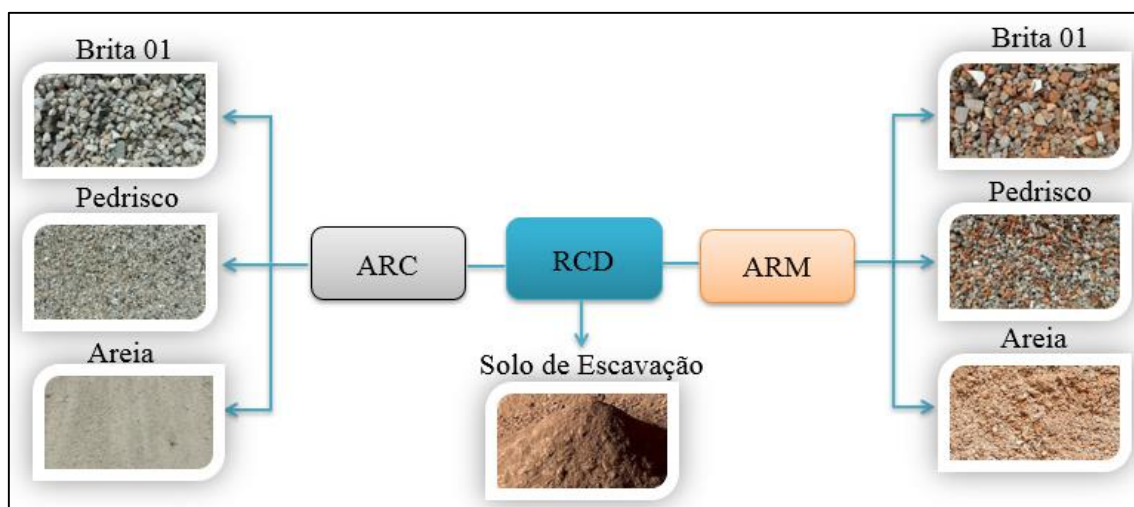
Os RCC são dispostos em uma moega e posteriormente conduzidos por uma esteira automática até a entrada do britador. No britador, após a trituração, os resíduos são encaminhados por vibração até as peneiras normatizadas pela NBR NM 248/03, acopladas na parte inferior do britador.

O solo de escavação, normalmente presente em pequenas quantidades com os demais RCC, é separado por vibração em uma grelha, instalada no final da esteira de alimentação, antes da esteira elevada que conduz os resíduos até o britador.

Para atender os requisitos da NBR 15.116 (ABNT, 2004f) é necessário processar no britador uma classe de resíduos por vez, assim, enquanto está sendo realizado o processamento do ARC, não é possível processar o ARM, ou vice-versa.

Na Figura 10 são destacados os produtos e subprodutos oriundos da reciclagem de RCC.

Figura 10 – Produtos e subprodutos extraídos da reciclagem dos RCC



Fonte: Autor, 2020.

Conforme pode ser observado na Figura 10, a partir da reciclagem dos resíduos de construção civil Classe A, é possível extrair seis produtos (brita, pedrisco e areia), denominados agregados reciclados, e um subproduto (solo de escavação).

Após a britagem, os agregados reciclados são conduzidos por três esteiras inclinadas até as baias de armazenamento, conforme pode ser observado na Figura 11. Nas esteiras que conduzem o pedrisco e a brita nº 01 estão instalados ímãs, responsáveis por remover possíveis metais, principalmente os de menor porte (pregos, arames e parafusos), que eventualmente não foram removidos no processo de triagem.

Figura 11 – Esteiras do britador de RCC



Fonte: Autor, 2019.

Os agregados reciclados são transportados das baias para a área de estoque (Figura 12), com auxílio de uma pá carregadeira. Estes permanecem no local até que sejam utilizados internamente pela própria empresa ou comercializados para terceiros.

Figura 12 – Estoque de agregados reciclados



Fonte: Autor, 2019

Conforme pode ser observado na Figura 12, os agregados reciclados são armazenados por tipo e classe, de modo a garantir sua qualidade e valor de mercado.

5.1.7 Aplicabilidade dos agregados reciclados

Os agregados reciclados apresentam ampla gama de aplicação, a depender de sua classe e parâmetros físico-químicos constituintes, excluindo, neste caso, as obras cuja finalidade se remetem à alvenaria estrutural, conforme determinação da NBR 15.116 (ABNT, 2004f).

Os agregados reciclados produzidos na planta de reciclagem da empresa estudada são comercializados ou utilizados na própria empresa. Os valores de venda dos agregados estão especificados no Quadro 11, os quais são comercializados por massa ou volume, a depender do cliente.

Quadro 11 – Valores de venda dos agregados reciclados

Material	Classe	Massa Unitária (t/m ³)	Valor (R\$/t)	Valor (R\$/m ³)
Brita nº 01	ARC	1,309	24,75	32,40
Pedrisco		1,301	24,75	32,20
Areia		1,340	23,25	31,15
Brita nº 01	ARM	1,139	21,45	24,45
Pedrisco		1,270	21,45	27,25
Areia		1,274	20,15	25,70

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

O valor de venda dos agregados reciclados oriundos dos ARC é aproximadamente 25% menor quando comparado com os agregados naturais. O desconto é ainda maior, na faixa de 35%, quando comparado os agregados oriundos do ARM com os agregados naturais.

Cumprido destacar que no momento da venda, os consumidores são orientados quanto às restrições de aplicações dos agregados reciclados, cujo objetivo é evitar que estes materiais sejam aplicados em obras de alvenaria estrutural.

O principal tipo de agregado reciclado utilizado pela empresa estudada é a pedra brita derivada de ARM, seguido da brita derivada de e ARC. A principal

aplicação da pedra brita é na manutenção de estradas rurais e vias de acessos internas e externas do próprio empreendimento, inclusive, na manutenção dos acessos do aterro sanitário e industrial da empresa.

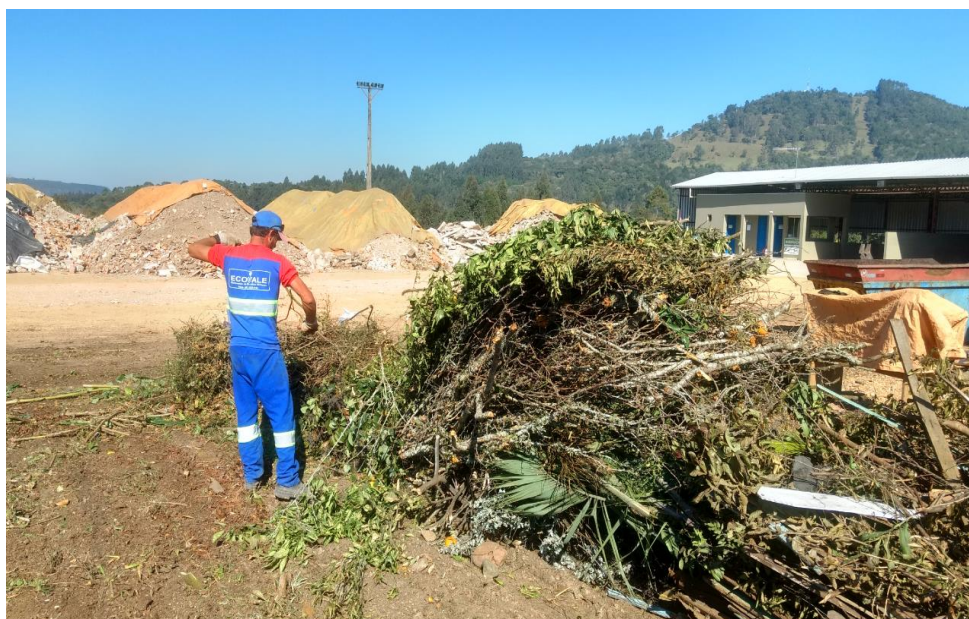
5.1.8 Gerenciamento de madeira e resíduos de poda urbana

Os resíduos de madeira de construção civil (classe B) passam por um rigoroso processo de triagem manual, com o objetivo de retirar todos os metais (pregos, parafusos, entre outros) presentes nos resíduos, uma vez que a não remoção destes materiais proibitivos danificaria a estrutura do equipamento de reciclagem.

Os materiais folhosos presentes nos resíduos de poda urbana são removidos manualmente, de modo que somente os materiais lenhosos sejam encaminhados à reciclagem.

Resíduos de madeira e poda urbana com diâmetro superior a 20 cm devem ser pré-condicionados, objetivando reduzir seu diâmetro para atender às especificações do equipamento utilizado na reciclagem. A Figura 13 destaca a triagem manual dos resíduos de poda urbana.

Figura 13 – Triagem de madeira e resíduos de poda urbana



Fonte: Autor, 2019.

Após a triagem e remoção dos materiais proibitivos, os resíduos são acondicionados temporariamente em frente ao local de reciclagem, conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14 – Armazenamento de madeira e resíduos de poda urbana



Fonte: Autor, 2019.

Os resíduos passam por tratamento em picador, que possui um sistema de facas, acopladas a um tambor cilíndrico rotativo. Este sistema reduz o volume dos resíduos, transformando-os em cavaco.

Na Figura 15 é ilustrada a alimentação do picador com resíduos de poda urbana.

Após a reciclagem, o cavaco é conduzido por uma esteira automática até uma caçamba estacionária tipo *roll-on / roll-off*, com capacidade volumétrica de 36,00 m³, conforme destacado na Figura 16. O cavaco permanece acondicionado na caçamba estacionária até o esgotamento de seu volume útil, para que posteriormente seja destinado à empresa de papel e celulose para aproveitamento energético.

Figura 15 – Alimentação do equipamento de reciclagem de madeira e resíduos de poda urbana



Fonte: Autor, 2019.

Figura 16 – Acondicionamento do cavaco reciclado



Fonte: Autor, 2020.

5.1.9 Destinação e disposição final dos resíduos proibitivos

Considerando que os processos de triagem geram resíduos proibitivos para os processos de reciclagem de RCC e resíduos de poda urbana, é necessário adotar políticas para o gerenciamento adequado destes resíduos.

Na Quadro 12 são apresentadas informações sobre os principais resíduos de construção civil dispostos nas áreas de triagem, destacando sua destinação final adequada.

Quadro 12 – Classificação dos principais resíduos proibitivos encontrados na triagem dos resíduos

Resíduo	Classe (CONAMA 307/02)	Classe NBR 10.004/04	Destinação final adotada
Solo de escavação	Classe A	Classe II B	Reutilização
Gesso	Classe B	Classe II B	Reciclagem externa
Embalagem de cimento	Classe B	Classe II B	Reciclagem externa
Conduite elétrico	Classe B	Classe II B	Reciclagem externa
Vidro	Classe B	Classe II B	Reciclagem externa
Tubo de PVC	Classe B	Classe II B	Reciclagem externa
Latas de tinta	Classes B e D	Classes I e II	Reciclagem externa ou disposição final adequada
Rejeitos	Classe C	Classe II	Aterro sanitário e industrial próprio
Embalagens de óleo	Classe D	Classe I	Aterro classe I terceirizado
Pneus	Classe B	Classe II	Coprocessamento
Resíduos eletrônicos	Classe B e D	Classe I e II	Triagem interna e reciclagem externa

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Dentre os rejeitos, é possível constatar a presença de tecidos, espumas, materiais passíveis de reciclagem em mal estado de conservação, fibra de vidro, mantas geotêxtis, entre outros.

Na Figura 17 são apresentados alguns rejeitos comumente encontrados no processo de triagem.

Figura 17 – Rejeitos do processo de triagem



Fonte: Autor, 2019.

Os materiais proibitivos para o processo de reciclagem de RCC, porém classificados como passíveis de reciclagem para outras categorias, como plástico, papel, vidro e metal, são acondicionados em caçambas estacionárias em local coberto, sendo destinados à Unidade de Triagem e Valorização de Resíduos Sólidos Urbanos da empresa, localizada no município de Porto União – SC.

5.1.10 Contratos de prestação de serviço

Atualmente, a empresa em estudo, possui contrato de prestação de serviços firmado com a prefeitura municipal de Porto União – SC, cujo objeto é a locação, coleta, transporte e destinação final (reciclagem ou reaproveitamento) de caçambas estacionárias com capacidade de 5 m³, para resíduos de poda urbana.

O referido contrato, nº 189/2015, datado de 10 de setembro de 2015, possuía vigência inicial de um ano, podendo ser renovado por mais quatro anos, totalizando cinco anos de contrato. Diante do exposto, o contrato foi renovado e está vigente até 09 de setembro de 2020.

Resumidamente, os municípios de Porto União – SC tem direito de solicitar mensalmente uma caçamba estacionária com volume de 5 m³, para acondicionar os resíduos de poda urbana, conforme objeto do contrato. A caçamba estacionária permanece à disposição do munícipe por no máximo 12 horas.

Os resíduos acondicionados na caçamba estacionária são de responsabilidade dos geradores, não sendo aceito resíduos divergentes, salvo resíduos de madeira de construção civil (Classe B), cujo tratamento é o mesmo daquele adotado para os resíduos de poda urbana, viabilizando, portanto, seu gerenciamento.

Em outro cenário, a empresa em estudo, possuía contrato de prestação de serviços firmado com a Prefeitura de União da Vitória – PR, cujo objeto era locação de caçambas estacionárias e serviços de mão de obra destinados à coleta de resíduos sólidos de construção civil e resíduos de poda urbana, provenientes de pequenos geradores, incluindo instituições públicas.

O contrato de prestação de serviços nº 267/2014 compreendeu o período de 15 de agosto de 2014 a 12 de agosto de 2019, totalizando cinco anos de contrato. Atualmente, aguarda novo processo licitatório.

De forma breve, os pequenos geradores de resíduos de construção civil e de resíduos de poda urbana, do município de União da Vitória – PR, tinham direito a solicitar uma caçamba estacionária por mês, a qual permanecia a disposição do gerador por no máximo 4 horas, para destinar o volume de até 0,30 m³ de resíduos.

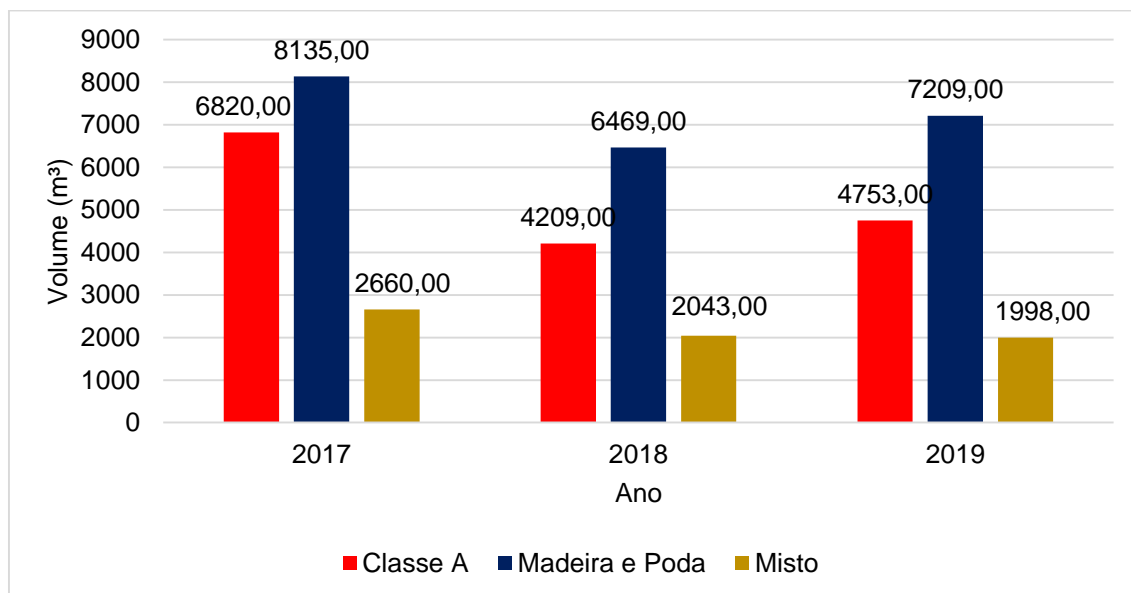
A empresa, por sua vez, optava por recolher o volume de até 1,00 m³ por gerador, de modo a atender integralmente os pequenos geradores. Desta forma, antes das caçambas estacionárias serem transportadas à destinação final, eram utilizadas por até três geradores, respeitando a classe e compatibilidade dos resíduos ora descartados.

Por fim, para usufruir de tais serviços, em ambos os municípios, o gerador deve estar com o Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU devidamente quitado.

5.2 INFORMAÇÕES QUANTITATIVAS

No período de 2017 a 2019, a empresa estudada gerenciou o total de 15.782,00 m³ de resíduos de construção civil (classe A), 21.813,00 m³ de resíduos de poda urbana e madeira (classe B) e 6.701,00 m³ de resíduos mistos (classe A + classe B), totalizando, portanto, 44.296,00 m³ de resíduos. A Figura 18 demonstra o quantitativo de resíduos gerenciados na unidade, por ano e classe de resíduos.

Figura 18 – Quantidade total por tipo de RCC gerenciados no período de 2017 a 2019



Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Os dados apresentados na Figura 18 englobam os resíduos oriundos dos pequenos e grandes geradores, pessoas físicas, pessoas jurídicas de direito público ou privado, localizados nos municípios de União da Vitória – PR e Porto União – SC.

A geração média anual de RCC no período estudado foi de 5.260,67 (\pm 1.377,54) para resíduos Classe A, 7.271,00 (\pm 834,73) para resíduos de poda urbana e madeira e 2.233,67 (\pm 369,90) para resíduos mistos.

Explorando os dados, destaca-se que as maiores quantidades de resíduos da construção civil recebidos na unidade de tratamento são provenientes de pequenos geradores, os quais contribuíram com a geração de

82,61% dos resíduos classe A, 95,05% dos resíduos de madeira e poda urbana e 95,72% dos resíduos mistos.

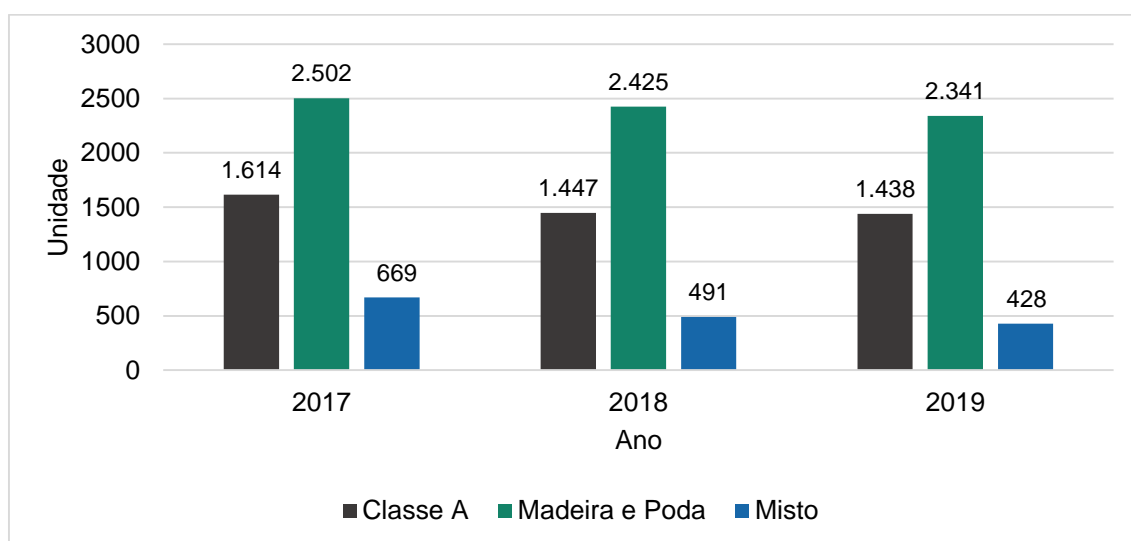
Analisando as estimativas do CEMPRE (2018), através do consumo de cimento, que mais da metade dos RCC produzidos no Brasil são oriundos de pequenos geradores, pode-se concluir que os grandes geradores de resíduos dos municípios de União da Vitória e Porto União não estão realizando o descarte correto dos resíduos. A informação ganha força pelo fato da unidade estudada ser a única licenciada na região.

Com relação ao tipo de gerador, salienta-se que 71,16% (31.523,00 m³) e 28,84% (12.773,00 m³) dos resíduos coletados no período foram gerados por pessoas físicas e jurídicas, respectivamente.

Analisando somente a quantidade de resíduos gerados por pessoas jurídicas, ressalta-se que 8.066,00 m³ (63,15%) correspondem às pessoas jurídicas de direito privado e 4.707,00 m³ (36,85%) correspondem às pessoas jurídicas de direito público.

Sob outra perspectiva, no período de 2017 a 2019 a empresa realizou a locação de 13.355 caçambas estacionárias, com volume de 3 m³ e/ou 5 m³. A Figura 19 traz informações sobre o número de caçambas estacionárias locadas anualmente pela empresa, por classe de resíduo.

Figura 19 – Quantidade de caçambas estacionárias locadas no período de 2017 a 2019, por classe de resíduo

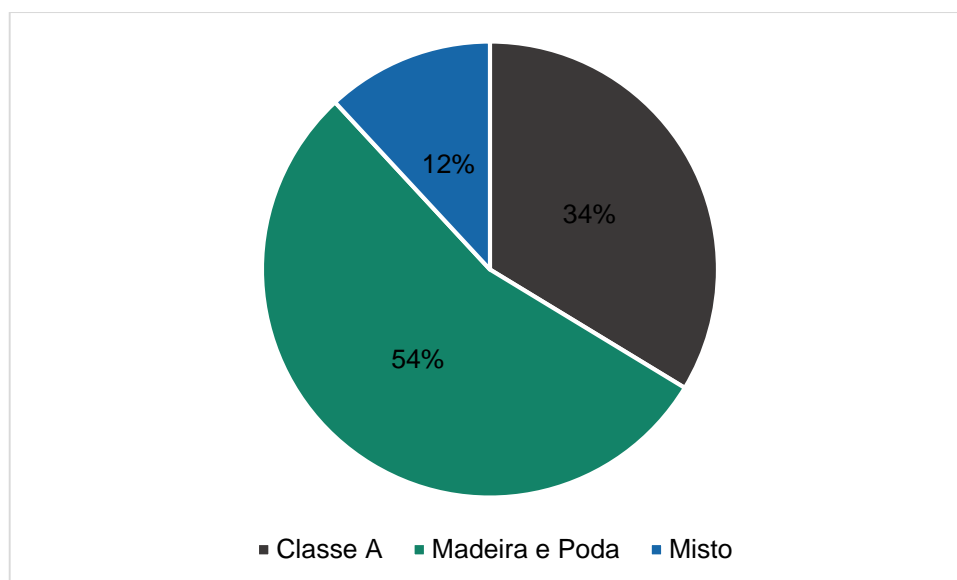


Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

A quantidade média anual de caçambas locadas no período estudado foi de 1.499,70 ($\pm 99,10$), 2.422,70 ($\pm 80,50$) e 529,30 ($\pm 125,00$), para resíduos Classe A, madeira e poda urbana e misto, respectivamente.

A maior porcentagem das caçambas estacionárias locadas correspondem aos resíduos de madeira e poda urbana (54%), seguido por resíduos de construção civil classe A (34%) e resíduos mistos (12%), conforme indica a Figura 20.

Figura 20 – Porcentagem de caçambas estacionárias locadas por tipo de resíduo no período de 2017 a 2019



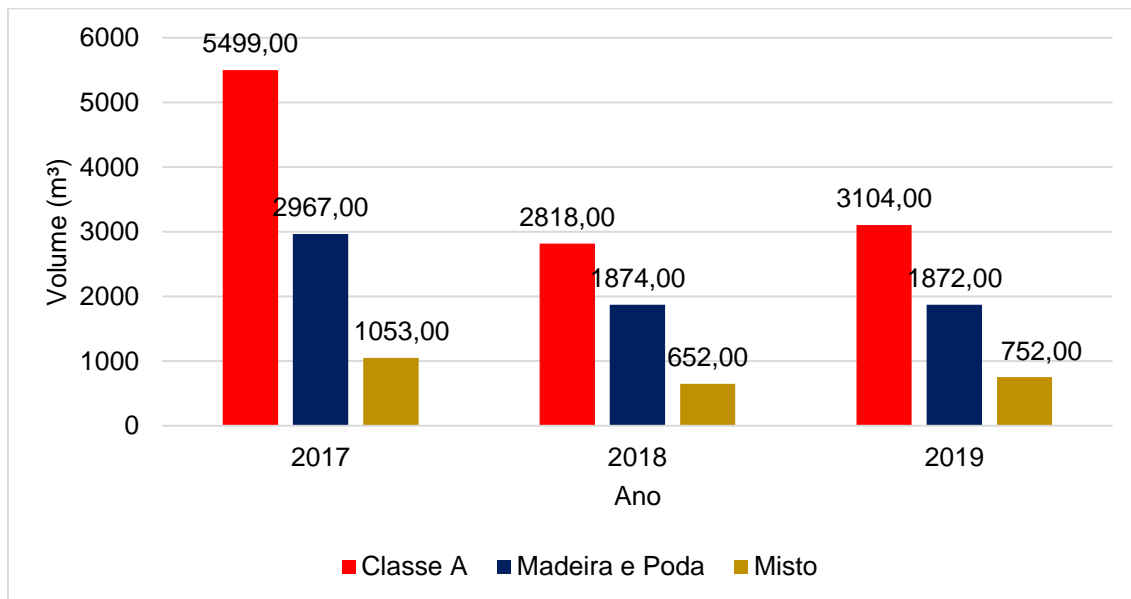
Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Após a análise preliminar apresentada no presente tópico, os próximos itens trazem informações sobre o gerenciamento de resíduos de construção civil nos municípios de União da Vitória – PR e Porto União – SC.

5.2.1 Informações quantitativas do Município de União da Vitória - PR

No período de 2017 a 2019, a empresa em estudo, gerenciou 20.591,00 m³ de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, oriundos do município de União da Vitória – PR. A Figura 21 destaca a quantidade de resíduos gerenciados por ano e classe.

Figura 21 – Quantidade de RCC oriundos do município de União da Vitória – PR no período de 2017 a 2019



Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Analisando a Figura 21 é possível constatar que no período de 2017 a 2019, município de União da Vitória, os resíduos classe A representam a maior fração dentre os resíduos gerenciados, seguidos por madeira e resíduos de poda urbana e resíduos mistos.

Ainda observando a Figura 21, percebe-se que no ano de 2017 o gerenciamento de resíduos classes A e B (madeira e poda urbana) foi superior quando comparado com os anos seguintes. Tal fato justifica-se porque no referido ano, a empresa realizou duas demolições em obras de grande porte, o que refletiu no gerenciamento adicional de 1.996,00 m³ de resíduos classe A e 1.022,00 m³ de resíduos classe B.

Com relação ao tipo de gerador, as pessoas físicas contribuíram com 12.154,00 m³ e as pessoas jurídicas com 8.437,00 m³. Afunilando a análise de dados, 2.072,00 m³ de RCC foram gerados por pessoas jurídicas de direito público e 6.325,00 m³ de RCC foram gerados por pessoas jurídicas de direito privado.

Em outra esfera, 5.835,00 m³ dos resíduos gerados pelas pessoas físicas do município de União da Vitória – PR são vinculados ao contrato de prestação de serviços que a empresa tinha firmado com a municipalidade, ou seja, não refletiu em custos diretos ao gerador dos resíduos.

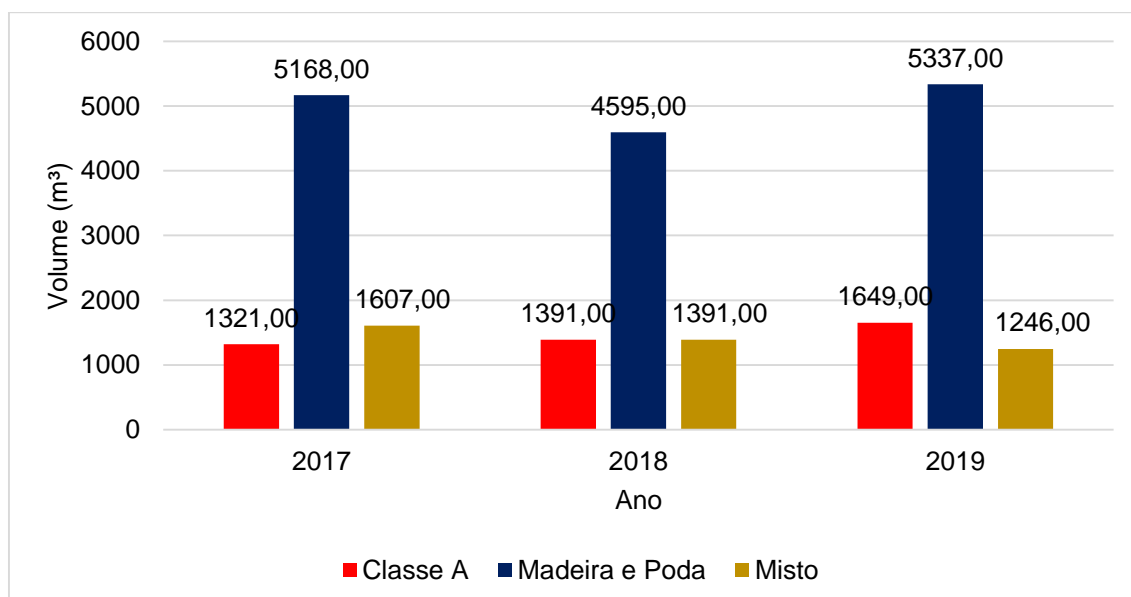
Neste ponto, deve-se destacar a importância de políticas públicas voltadas ao pequeno gerador de RCC. Como pode ser observado, 48,00% dos resíduos gerados por pessoas físicas no período de estudo, são oriundos do contrato de prestação de serviços entre a empresa e a municipalidade.

Com relação ao número de caçambas estacionárias, no decurso de 2017 a 2019 a empresa realizou a locação de 8.398,00 caçambas estacionárias com volume de 3 e 5 m³. Destas, 3.468,00 (41,30%) correspondem aos resíduos classe A, 4.221,00 (50,26%) correspondem aos resíduos de madeira e poda urbana e 709,00 (8,44%) correspondem aos resíduos mistos.

5.2.2 Informações quantitativas do Município de Porto União – SC

No município de Porto União – SC, considerando o intervalo temporal adotado no estudo, foram gerenciados pela empresa 23.705,00 m³ de RCC e resíduos de poda urbana. A Figura 22 demonstra a geração de resíduos por período e classe.

Figura 22 – Quantidade de RCC oriundos do município de Porto União – SC no período de 2017 a 2019



Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Conforme pode ser observado na Figura 22, a maior quantidade de resíduos gerenciados no município de Porto União – SC referem-se aos de

madeira e poda urbana. Tal fato justifica-se em virtude do contrato de prestação de serviços que a municipalidade tem firmado com a empresa estudada, indicando que os pequenos geradores tendem a destinar corretamente seus resíduos quando há políticas públicas voltadas ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Desta forma, os resíduos de madeira e poda urbana, destinados através do contrato de prestação de serviços firmado entre a municipalidade e a empresa, representou 91,45% do total desta classe de resíduos, gerenciados no município de Porto União – SC.

Considerando o tipo de gerador, 82,69% (19.369,00 m³) dos resíduos foram destinados por pessoas físicas e 17,31% (4.054,00 m³) foram destinados por pessoas jurídicas.

Investigando apenas as pessoas jurídicas como gerador, 65,00% (2.635,00 m³) correspondem a pessoas jurídicas de direito público e 35,00% (1.419,00 m³) correspondem a pessoas jurídicas de direito privado.

No município de Porto União – SC, dentre 2017 e 2019, foram locadas 4.957,00 caçambas estacionárias (volume de 3 m³ e 5 m³). Deste total, 61,47% (3.047,00), 20,80% (1.031,00) e 17,73% (879,00) correspondem aos resíduos de madeira e poda, classe A e mistos, respectivamente.

5.2.3 Produção de agregados reciclados

Durante o período de 2017 a 2019, foram produzidos 6.337,00 m³ de agregados, oriundos da reciclagem de resíduos de construção civil classe A. Deste montante, 4.044,00 m³ são derivados dos ARM e 2.293,00 m³ são derivados de ARC

A quantidade média anual de agregados produzido foi 2.112,33 m³ (\pm 1.089,89 m³). Considerando a produção de agregados por classe, tem-se que a quantidade média anual de ARM e ARC foi de 1.348,00 m³ (\pm 930,63 m³) e 764,33 m³ (\pm 159,40 m³), respectivamente. O Quadro 13 traz informações quantitativas sobre os agregados produzidos.

Quadro 13 – Dados quantitativos por classe de agregado reciclado no período de 2017 a 2019

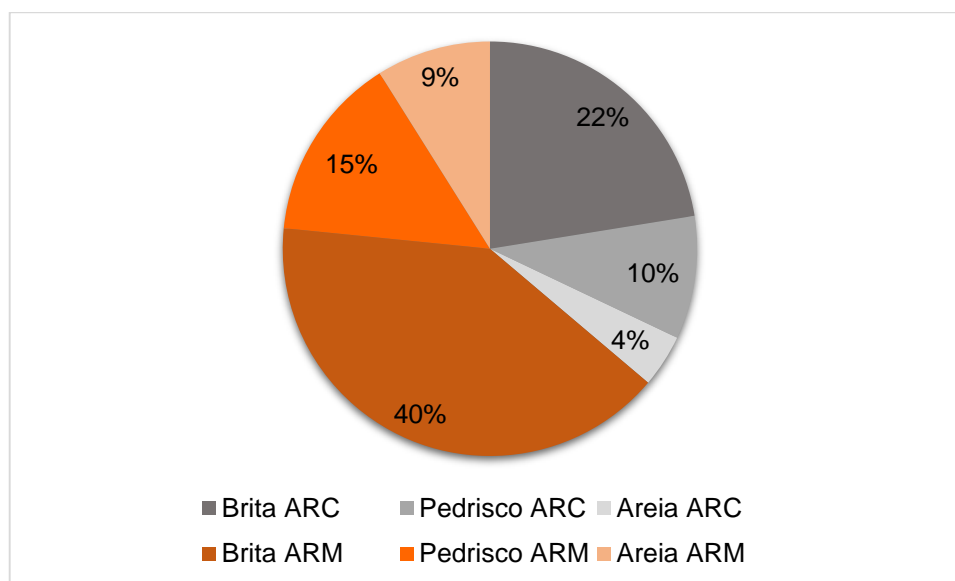
Grupo	Máximo (m³)	Mínimo (m³)	Média (m³)	Desvio Padrão (m³)	Total (m³)
Brita ARC	606,00	373,00	474,33	119,43	1.423,00
Pedrisco ARC	234,00	153,00	203,00	43,71	609,00
Areia ARC	96,00	70,00	87,00	14,73	261,00
Brita ARM	1.486,00	280,00	853,33	605,19	2.560,00
Pedrisco ARM	540,00	120,00	306,00	214,07	918,00
Areia ARM	306,00	82,00	188,67	112,38	566,00

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Analisando o Quadro 13 é possível corroborar que a produção de agregados reciclados oriundos de ARC foi mais constante, apresentando menores desvios padrão quando comparado com a produção de agregados reciclados oriundos de ARM.

A porcentagem dos agregados produzidos no período estudado pode ser observada na Figura 23, a qual foi elaborada considerando a quantidade total de agregados reciclados produzidos no período de estudo.

Figura 23 – Produção de agregados reciclados por classe



Fonte: Autor, 2020.

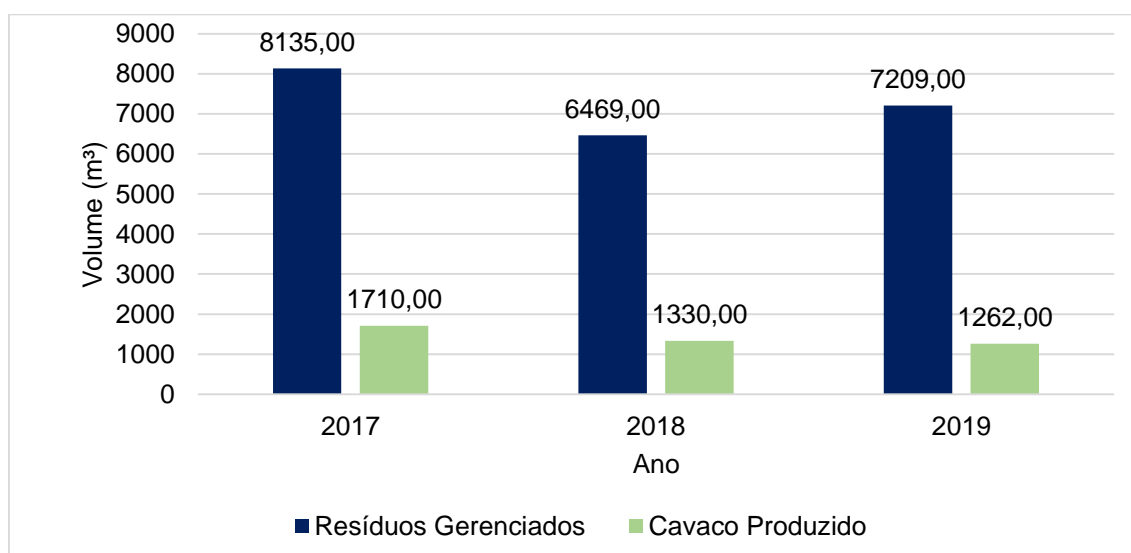
Considerando a Figura 23, verifica-se que a produção de brita derivada de ARM, seguida por brita derivada de ARC apresentam as maiores frações dentre os agregados reciclados produzidos na unidade. Neste caso, é importante considerar a massa unitária dos agregados, que é relativa ao volume ocupado pelos agregados considerando também os espaços vazios.

Ademais, salienta-se que a quantificação do volume de agregados produzidos na unidade é realizada através da concha da máquina pá carregadeira, que apresenta volume útil de 2,00 m³.

5.2.4 Produção de biomassa (cavaco)

No decurso de 2017 a 2019, a empresa reciclou 21.813,00 m³ de resíduos de madeira e poda urbana, o que originou 4.302,00 m³ de cavaco. A massa total do cavaco produzido foi de 1.267,11 toneladas, o que corresponde em peso específico de 0.29 t.(m³)⁻¹. A Figura 24 demonstra a quantidade de cavaco produzido em comparação com os resíduos de madeira e poda urbana gerenciados pela empresa.

Figura 24 – Quantidade de cavaco produzida em comparação com os resíduos de madeira e poda urbana gerenciados no período de 2017 a 2019



Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Considerando o volume total de resíduos gerenciados (21.813,00 m³) e a quantidade de cavaco produzida (4.302,00 m³), é possível verificar que o processo de reciclagem de madeira e resíduos de poda urbana resultou na redução do volume dos resíduos de 80,27%.

Em síntese, para cada 5,07 m³ de resíduos brutos de madeira (classe B) e resíduos de poda urbana processados no picador, foram produzidos 1,00 m³ de cavaco.

A quantidade média anual de cavaco produzida no decurso estudado foi de 1.434,00 m³.ano⁻¹ (\pm 241,42 m³). Importante destacar que a quantidade de cavaco produzida pode variar em função do tipo de resíduo gerenciado, considerando também sua umidade.

Salienta-se que todo cavaco oriundo da reciclagem de RCC e resíduos de poda urbana foi destinado para uma empresa de papel e celulose instalada na região. A biomassa, por sua vez, foi utilizada na geração de vapor e energia através da combustão direta em caldeira, indo de encontro com as informações destacadas na produção científica de Dionizio *et al.* (2019).

Cumprir destacar que não há necessidade da emissão de Documento de Origem Florestal – DOF, para comercialização do cavaco produzido na unidade, uma vez que o art. 49 da Instrução Normativa nº 21/2014 do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, destaca que resíduos de poda de arborização urbana e produtos que já se apresentam acabados, embalados e manufaturados para o consumo final, estão fora do escopo do controle de fluxo florestal (IBAMA, 2014).

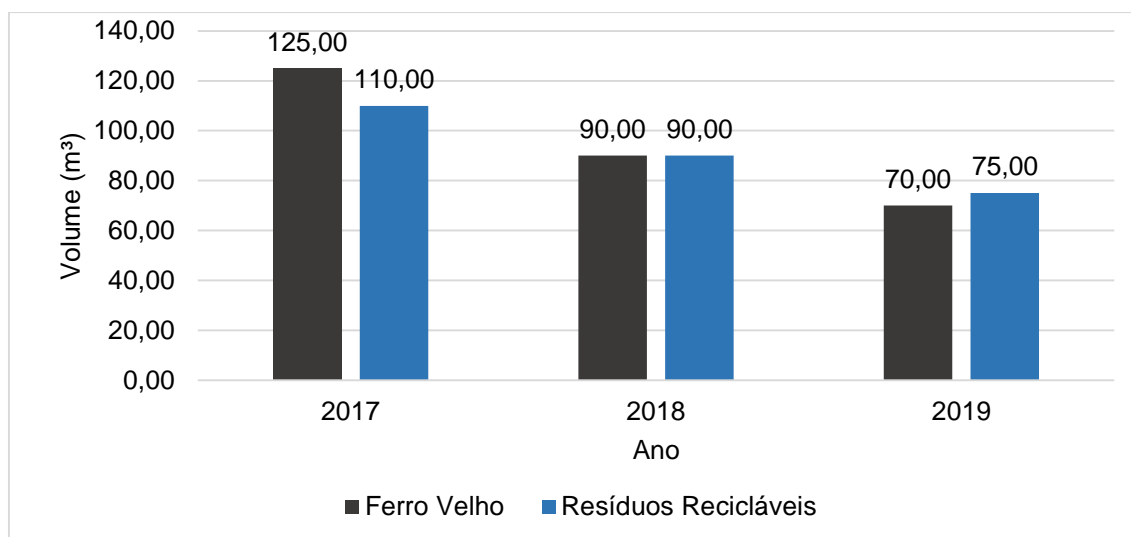
5.2.5 Resíduos recicláveis extraídos do processo de triagem

O processo de triagem de RCC, principalmente de resíduos oriundos de alvenaria estrutural (vigas, sapatas, pilares), gera resíduos ferrosos, os quais precisam ser segregados e encaminhados para reciclagem externa.

Da triagem dos demais resíduos que chegam na unidade de tratamento, através de caçambas estacionárias, são extraídos principalmente aqueles passíveis de reciclagem (papel, plástico, vidro e metais não ferrosos), que também são encaminhados para reciclagem externa. A Figura 25 destaca a

quantidade de metais ferrosos e demais resíduos passíveis de reciclagem extraídos da triagem de RCC no período de 2017 a 2019.

Figura 25 – Quantidade de materiais passíveis de reciclagem extraídos da triagem de RCC, no período de 2017 a 2019



Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

A quantidade total de metais ferrosos oriundos do processo de triagem de RCC no período de 2017 a 2019 foi de 285,00 m³ (42,52 toneladas). O valor médio anual de metais ferrosos foi de 95,00 m³ ($\pm 27,84$ m³).

Dentre os principais metais ferrosos encontrados na triagem dos RCC destacam-se os vergalhões, arame recozido, tubulações de metal, calhas e embalagens de tinta vazias. Neste cenário, as latas de tinta vazia são enquadradas como resíduos Classe B (recicláveis), de acordo com a Resolução CONAMA nº 469/2015, podendo ser encaminhadas à reciclagem externa.

A quantidade total de resíduos passíveis de reciclagem no decurso de 2017 a 2019 foi de 275,00 m³, apresentando valor médio anual de 91,67 m³ ($\pm 17,56$ m³). Ressalta-se que os resíduos passíveis de reciclagem não são controlados por massa, somente por volume, diferente dos metais ferrosos, em que todas as cargas dos resíduos são quantificadas por massa no momento da destinação final terceirizada.

Embora não tenha sido realizado quarteamento, foi possível constatar que dentre os resíduos passíveis de reciclagem há grande quantidade de plásticos do tipo PVC (tubulações e conduítes) e polipropileno - PP (baldes de

argamassa), papéis ondulados (caixas) e mistos (sacos de cimento), metais não ferrosos (calhas e esquadrias) e vidros utilizados em janelas.

Ademais, destaca-se que a destinação final adotada para os resíduos classe B, extraídos do processo de triagem, são realizadas conforme as regulamentações da Resolução CONAMA nº 307/02 e NBR nº 10.004/04.

5.2.6 Rejeitos extraídos do processo de triagem

Os rejeitos, enquadrados como classe C, conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 307/02, são oriundos do processo de triagem de RCC e resíduos de poda urbana, uma vez que são considerados proibitivos para o processo de reciclagem.

No período de 2017 a 2019, a etapa de triagem originou 200,00 m³ de rejeitos, equivalente a 49,04 toneladas. Os rejeitos foram dispostos no aterro sanitário e industrial da própria empresa. A quantificação anual está descrita no Quadro 14.

Quadro 14 – Informações quantitativas sobre os rejeitos oriundos da triagem de RCC e resíduos de poda urbana

Ano	Volume (m³)	Massa (t)	Média (t)
2017	80,00	19,67	1,23 (± 0,37)
2018	65,00	16,17	1,24 (± 0,30)
2019	55,00	13,20	1,20 (± 0,35)
Total	200,00	49,04	16,35 (± 3,24)

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Os rejeitos são acondicionados em caçambas estacionárias com volume de 5,00 m³, as quais são transportadas com veículo tipo poliguindaste para pesagem em empresa terceirizada, para posterior disposição final no aterro sanitário da própria empresa.

Cumprir destacar que o volume de 200,00 m³ refere-se aos rejeitos sem compactação. Após dispostos no aterro sanitário e industrial, os rejeitos são compactados com auxílio de uma escavadeira hidráulica e um trator de esteiras.

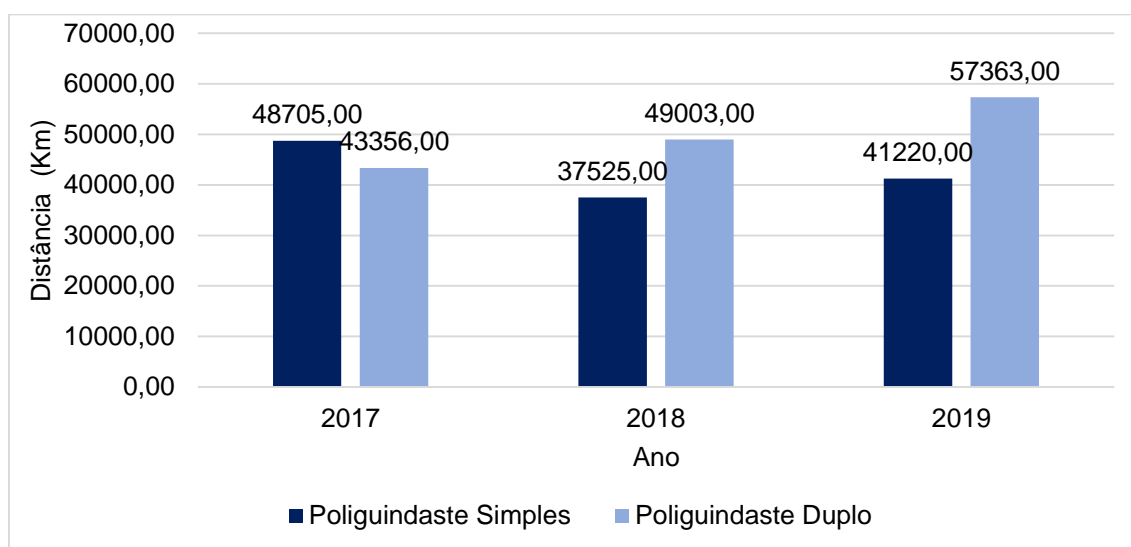
5.2.7 Distância percorrida pela frota

Conforme mencionado anteriormente, a empresa dispõe de dois veículos tipo poliguindaste, um simples e um duplo, para realizar a coleta e transporte dos resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana.

Durante o período de estudo, o veículo tipo poliguindaste simples percorreu a distância total de 149.772,00 quilômetros, com distância média anual de 49.907,33 Km (\pm 7.047,15 Km). Já o veículo tipo poliguindaste duplo percorreu a distância total de 127.450,00 Km, apresentando média anual de 42.483,33 Km (\pm 5.696,06 Km).

Na Figura 26 é apresentada a distância percorrida pelos veículos de coleta de RCC e resíduos de poda urbana.

Figura 26 – Distância percorrida pelos veículos tipo poliguindaste no período de 2017 a 2019.



Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Analisando os dados apresentados na Figura 26, é possível constatar que durante o período estudado, o veículo tipo poliguindaste duplo percorreu 22.272,00 quilômetros a mais que o veículo poliguindaste simples, o que representa uma porcentagem total de 14,88% na distância percorrida.

A distância percorrida pelos veículos tipo poliguindaste engloba o deslocamento para entrega e retirada das caçambas estacionárias dos clientes, sendo variável conforme o endereço do locador, transporte dos resíduos até a

área de armazenamento temporário e área de reciclagem, deslocamento até a sede da empresa e deslocamento para destinação final dos resíduos classe B extraídos do processo de triagem de RCC.

A utilização do veículo tipo poliguindaste duplo facilita o transporte dos resíduos, devido ao fato de transportar duas caçambas estacionárias no mesmo momento. Apesar disso, sua maior extensão longitudinal, quando comparado com o veículo tipo poliguindaste simples, dificulta a locomoção em áreas de difícil acesso.

O veículo tipo poliguindaste simples proporciona vantagens quando utilizado em áreas de difícil acesso, que possuem ruas estreitas e de relevo acentuado, bem como em regiões centrais, principalmente de comércio.

5.2.8 Gerenciamento de gesso

Ao longo de 2017 a 2019 foram gerenciados 48,00 m³ (32,51 toneladas) de gesso, incluindo o tipo *drywall*. Deste montante, 25,00 m³ (16,25 toneladas) em 2017, 15,00 m³ (10,50 toneladas) em 2018 e 8,00 m³ (5,76 toneladas) em 2019. A quantidade média anual de recebimento de gesso foi de 16,00 m³ (\pm 8,54 m³).

A partir do ano de 2011, o gesso oriundo da construção civil, deixou de ser tratado como rejeito (Classe C) e passou a ser enquadrado como resíduo passível de reciclagem (Classe B), de acordo com a Resolução CONAMA nº 431/11.

Por sua vez, a empresa estudada não possui equipamento para realizar a reciclagem deste tipo de RCC, sendo que sua destinação final é terceirizada. Desta forma, os resíduos de gesso são destinados até o município de São José dos Pinhais – PR, para tratamento em empresa terceirizada licenciada.

O gesso coletado pela empresa, após triado, é acondicionado em big bags, até que se tenha volume suficiente para envio à destinação final. O transporte até a destinação final é realizado com caçamba tipo fixa, que possui capacidade volumétrica de 12,00 m³.

5.2.9 Gerenciamento de resíduos classe I

Dentre os resíduos oriundos da triagem de RCC deve-se destacar a presença dos perigosos, enquadrados como Classe I, de acordo com a NBR nº 10.004/04 ou como Classe D, de acordo com a resolução CONAMA nº 307/02.

No ano de 2017 foram extraídos do processo de triagem de RCC o volume de 9,00 m³ (2,07 toneladas) de resíduos Classe I. Nos anos seguintes, 2018 e 2019, a quantidade de resíduos classe I extraídos da triagem foram de 5,00 m³ (1,25 toneladas) e 5,00 m³ (1,10 toneladas), respectivamente.

Os principais resíduos Classe I oriundos do processo de triagem de RCC são latas de tinta com resíduos em seu interior, embalagens de solventes, embalagens de óleo mineral, embalagens de impermeabilizantes, estopas contaminadas com óleo e impermeabilizantes, entre outros.

Estes resíduos são destinados a uma empresa terceirizada licenciada, localizada no município de Canoinhas – SC, a qual, quando necessário realiza o tratamento dos resíduos para posterior disposição final.

5.3 CUSTOS FIXOS

5.3.1 Mão de obra

Para determinar os custos relacionados a mão de obra, foi necessário considerar o salário-base de cada categoria, associado aos encargos sociais e trabalhistas, que incluem os valores referentes ao Instituto Nacional do Seguro Social - INSS, Fundo de Garantia do Tempo de Serviço – FGTS, 13º salário, férias, vale-alimentação, adicional noturno, entre outros. Estes encargos, quando somados, podem ser superiores a 70,00% do salário-base de cada funcionário.

A mão de obra pode representar a maior monta financeira dentre os custos fixos e variáveis de um empreendimento, a depender de seu porte e quantidades de funcionários.

Na empresa estudada, existem obrigações legais restritas para algumas funções, como por exemplo: controlador de acesso recebe adicional de risco, operador de pá carregadeira recebe periculosidade e funcionários que trabalham após as 22h00 recebem adicional noturno.

Outros fatores a serem considerados, além do salário e demais encargos pertinentes, é que todos os colaboradores recebem vale-alimentação e aumento salarial anual, conforme estabelecido através das convenções trabalhistas.

Os custos anuais da empresa com a mão de obra, referente aos serviços de gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, foram de R\$ 440.187,36 em 2017, R\$ 450.499,51 em 2018 e R\$ 466.277,67 em 2019.

De modo a preservar as informações da empresa, serão apresentados apenas os custos anuais totais relativos à mão de obra, não detalhando o salário e demais encargos de cada colaborador.

5.3.2 Equipamentos de proteção individual e uniformes

Conforme regulamenta o item 6.3 da NR nº 06, a empresa é obrigada a fornecer aos empregados, sem custos, Equipamento de Proteção Individual – EPI, adequado ao risco, em perfeito estado de conservação (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2020).

No Quadro 15 são apresentados os EPIs e uniforme utilizados pelos colaboradores da empresa.

Quadro 15 – Equipamentos de proteção individual e uniformes utilizados pelos colaboradores da empresa

Equipamento de Proteção Individual	Uniforme
Botina de segurança, luva de vaqueta, capacete, protetor auricular, óculos de proteção, protetor solar, capacete, capa de chuva, toca árabe.	Calça de brim, calça jeans, camiseta manga curta, camiseta manga longa, camisa, blusa de lã, jaqueta, boné.

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Todos os equipamentos de proteção individual, utilizados pelos colaboradores da empresa, possuem Certificado de Aprovação – CA, expedido pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, do Ministério do Trabalho e Emprego.

As despesas concernentes aos equipamentos de proteção individual e uniformes, no decurso de 2017 a 2019, estão especificadas no Quadro 16.

Quadro 16 – Custos concernentes aos EPIs e uniformes

Ano	Custos com EPI (R\$)	Custos com uniformes (R\$)	Custo Total (R\$)
2017	2.101,40	2.931,50	5.032,90
2018	1.658,49	2.317,50	3.975,99
2019	1.850,21	2.502,00	4.352,21
Total	5.610,10	7.751,00	13.361,10

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Analisando o Quadro 16, é possível verificar que durante o período estudado, a despesa alusiva com EPIs foi de R\$ 5.610,10, apresentando média anual de R\$ 1.870,03 (\pm R\$ 222,12) e a despesa referente aos uniformes foi de R\$ 7.751,00, apresentando média anual de R\$ 2.583,67 (\pm R\$ 315,04).

A variação de custos durante o período pode ser justificada devido ao fato de alguns equipamentos e/ou uniformes terem maior durabilidade, não sendo necessário realizar sua troca anualmente, como, por exemplo, capacete de proteção, jaqueta e blusa de lã.

5.3.3 Transporte dos funcionários até a Central de Tratamento de Resíduos

Diariamente, os funcionários do setor operacional se deslocam até a sede administrativa da empresa para registrar o ponto eletrônico, atestando o efetivo início da jornada de trabalho. Na sequência, utilizam um ônibus de propriedade da empresa para se deslocarem até a Central de Tratamento de Resíduos.

O supervisor de serviços conduz o ônibus até a CTR, ou seja, não há motorista exclusivo para esta finalidade, não sendo necessário computar os custos relativos com este funcionário.

O ônibus é utilizado exclusivamente para o transporte de funcionários até a CTR. Desta forma, após consulta ao banco de dados da empresa, foi analisado a distância percorrida pelo veículo e respectivo consumo de combustível, no período de 2017 a 2019. O Quadro 17 descreve as variáveis ora citadas, enfatizando os custos relacionados ao combustível utilizado.

Quadro 17 - Custos relativos ao consumo de combustível do ônibus utilizado no transporte de funcionários

Ano	Distância Percorrida (Km)	Consumo de Combustível (L)	Consumo Médio (Km.L⁻¹)	Custo Total (R\$)
2017	7.550,00	1.994,00	3,79	5.383,80
2018	7.580,20	2.034,00	3,73	6.407,10
2019	7.670,80	2.180,00	3,52	5.559,00
Total	22.801,00	6.208,00	-	17.349,90

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Explorando o Quadro 17 é possível verificar as despesas referentes ao consumo de combustível do veículo de transporte de funcionários foi de R\$ 17.349,90, apresentando média de custos anual de R\$ 5.783,30 (\pm R\$ 547,28).

Não obstante, cabe ressaltar que a variação do valor de compra do litro do combustível (óleo diesel S500) se correlaciona com os custos totais. Para tal, foi considerado o valor unitário médio do combustível pago pela empresa ao longo de cada ano estudado.

Outros custos diretos relativos ao veículo utilizado para o transporte de funcionários referem-se àqueles que envolvem impostos, licenciamento e seguro obrigatório, conforme apresentado no Quadro 18.

Quadro 18 – Custos relativos aos impostos e seguro obrigatório do veículo utilizado no transporte de funcionário

Ano	Seguro Obrigatório (R\$)	Licenciamento (R\$)	Valor Total (R\$)
2017	157,42	80,87	238,29
2018	103,78	83,13	186,91
2019	86,50	25,08	111,58
Total	347,70	189,08	536,78

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

De acordo com a Lei nº 14.558, de 20 de dezembro de 2004, veículos com mais de 20 anos de uso são isentos do pagamento de IPVA no Estado do Paraná (PARANÁ, 2004), justificando a ausência deste imposto no Quadro 18.

Considerando que o veículo utilizado no transporte de funcionários possui mais de 30 anos de fabricação, não será realizado cálculo de depreciação da

frota e remuneração do capital investido, uma vez que estes parâmetros são computados até determinado período.

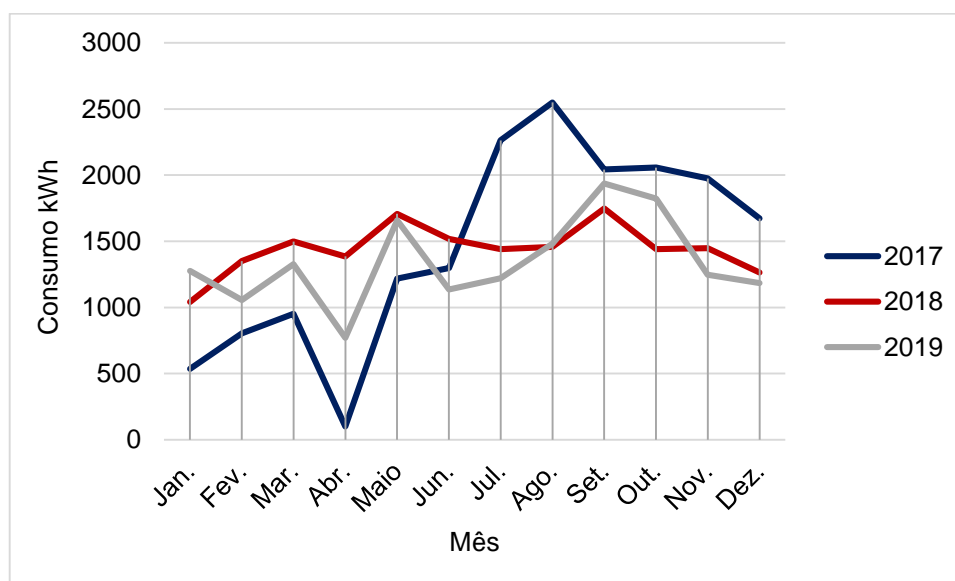
Os custos referentes a manutenção programada foram de R\$ 1.947,39, R\$ 1.723,15 e R\$ 1.457,10 nos anos de 2017, 2018 e 2019, respectivamente, totalizando o montante de R\$ 5.117,64 durante o período estudado. A manutenção programada refere-se principalmente à troca de óleo de motor, filtros, manutenção no sistema de freios, suspensão e iluminação.

Posto isso, durante o período de 2017 a 2019 os custos relativos ao transporte de funcionários foram de R\$ 23.014,32. Considerando o período anual, tem-se em 2017 custos de R\$ 7.569,48, em 2018 custos de R\$ 8.317,16 e em 2019 custos de R\$ 7.127,68.

5.2.4 Consumo de energia elétrica

Durante o período de 2017 a 2019 a Central de Tratamento de Resíduos consumiu o equivalente a 50.889,55 kWh de energia elétrica. A média mensal de consumo foi de 1.414,00 kWh (\pm 477,88 kWh), apresentando consumo máximo de 2.550,00 kWh e consumo mínimo de 100,00 kWh. A Figura 27 demonstra a variação de consumo de energia elétrica na unidade.

Figura 27 – Consumo de energia elétrica no período de 2017 a 2019



Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Dentre os principais equipamentos consumidores de energia elétrica da unidade de tratamento destacam-se o britador de resíduos classe A, o picador de madeira e resíduos de poda urbana e o marteleto elétrico. Os equipamentos de menor consumo são aqueles relacionados às áreas administrativas e de vivência.

A unidade de tratamento de RCC conta com 10 motores elétricos, que são utilizados nas esteiras de alimentação do britador de resíduos e no picador de madeira, nas esteiras de condução de agregados reciclados e cavaco e nos próprios equipamentos. O Quadro 19 traz informações acerca do consumo de energia elétrica por ano e os respectivos custos relacionados.

Quadro 19 – Custos relativos ao consumo de energia elétrica

Ano	Consumo Médio Mensal (kWh)	Consumo Total (kWh)	Custo (R\$)
2017	1.455,80 (\pm 757,74)	17.469,55	13.491,72
2018	1.441,92 (\pm 185,19)	17.303,00	14.802,71
2019	1.343,08 (\pm 331,54)	16.117,00	14.572,99
Total	1.413,60 (\pm 477,88)	50.889,55	42.867,42

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Diante do exposto no Quadro 19 é possível verificar que no período de 2017 a 2019, foi gasto o total de R\$ 42.867,42 relativos ao consumo de energia elétrica, apresentando gasto médio anual de R\$ 14.289,14 (\pm R\$ 700,00).

Por fim, destaca-se que o consumo de energia elétrica na unidade está diretamente ligado à sazonalidade de produção de agregados reciclados e cavaco, variando conforme a utilização dos equipamentos.

5.3.5 Impostos e seguros relativos aos veículos tipo poliguindaste

Anualmente, é obrigatório realizar o pagamento dos impostos relativos a utilização dos veículos tipo poliguindaste, conforme pode ser observado nos Quadros 20 e 21. O seguro contra terceiros é facultado, ficando a critério da empresa contratar este serviço.

Quadro 20 – Custos relativos aos impostos e seguros do veículo poliguindaste simples

Ano	IPVA (R\$)	Seguro Obrigatório (R\$)	Licenciamento (R\$)	Seguro contra Terceiros (R\$)	Valor Total (R\$)
2017	703,57	71,08	80,87	- ¹	855,52
2018	638,83	86,50	83,16	4.629,39	5.437,88
2019	589,38	16,77	47,66	2.574,00	3.227,81
Total	1.931,78	174,35	211,69	7,203,39	9.521,21

¹ O veículo não possuía seguro contra terceiros no ano de 2017.

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Quadro 21 – Custos relativos aos impostos e seguros do veículo poliguindaste duplo

Ano	IPVA (R\$)	Seguro Obrigatório (R\$)	Licenciamento (R\$)	Seguro contra Terceiros (R\$)	Valor Total (R\$)
2017	793,43	71,08	80,87	- ¹	945,38
2018	955,59	47,66	83,13	3.466,60	4.352,98
2019	723,54	16,77	86,50	3.085,00	3.911,81
Total	2.272,56	135,51	250,50	6.551,60	9.210,17

¹ O veículo não possuía seguro contra terceiros no ano de 2017.

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Considerando o exposto, no período de 2017 a 2019 os custos com impostos e seguros da frota de veículos da empresa, utilizados no gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, foram de R\$ 9.521,21 para o veículo acoplado com equipamento simples e R\$ 9.210,17 para o veículo acoplado com equipamento duplo, totalizando, portanto, R\$ 18.731,38.

5.3.6 Armazenamento temporário

A área de armazenamento temporário começou a operar no mês de outubro de 2017, objetivando facilitar a logística operacional da empresa,

evitando o deslocamento dos veículos poliguindaste até a CTR da empresa, que resultava em aproximadamente 13,00 quilômetros adicionais para cada deslocamento até o local.

A área de armazenamento temporário é alugada, ou seja, mensalmente a empresa precisa quitar o aluguel da utilização do empreendimento. Além do aluguel, outro custo direto é a quitação do IPTU do imóvel. O Quadro 22 ressalta os custos relacionados a locação da área de armazenamento temporário de RCC e resíduos de poda urbana.

Quadro 22 – Custos relacionados a locação da área de armazenamento temporário de RCC

Ano	Meses de Locação	Custo Mensal Aluguel do Terreno (R\$)	Custo Mensal com o IPTU (R\$)	Custo Total (R\$.ano⁻¹)
2017	2	R\$ 937,00	- ¹	1.874,00
2018	12	R\$ 937,00	2.699,03	13.943,03
2019	12	R\$ 1.037,00	2.791,60	15.235,60
Total				31.052,63

¹ A empresa iniciou as atividades no local em novembro de 2017, sendo que o IPTU do terreno já se encontrava quitado.

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Considerando o período de 2017 a 2019, a área utilizada para armazenamento temporário dos RCC e resíduos de poda urbana, representou custos fixos com aluguel e respectivo imposto do terreno no valor de R\$ 31.052,63.

Ressalta-se que os custos relativos à conservação e asseio do local, como manutenção de cerca e corte de grama, foram realizados pelo auxiliar de serviços gerais que compõe a equipe de trabalho da CTR, não gerando custos adicionais com funcionários.

5.3.7 Despesas com licenciamento ambiental e alvarás

A Licença Ambiental de Operação – LAO do empreendimento deve ser renovada a cada dois anos, conforme estabelece o artigo 9º da Resolução CEMA nº 94, de 04 de novembro de 2014 (CEMA, 2014).

Desta feita, a LAO do empreendimento foi renovada nos anos de 2017 e 2019. Os custos alusivos à renovação da licença referem-se aos estudos ambientais realizados e respectivas taxas de Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, publicações no Departamento de Imprensa Oficial do Estado do Paraná – DIOE e jornal de circulação regional e taxa de análise de licenciamento ambiental do IAT. Estes valores podem ser observados no Quadro 23.

Quadro 23 – Custos alusivos à renovação da licença ambiental de operação do empreendimento

Ano	Taxa de ART (R\$)	Taxa de Publicação DIOE (R\$)	Taxa de Publicação Jornal Regional (R\$)	Taxa de Licenciamento Ambiental IAT (R\$)	Total (R\$)
2017	81,53	36,00	60,00	664,79	842,32
2019	82,94	45,00	70,00	710,99	908,93
Total	164,47	81,00	130,00	1.375,78	1.751,25

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Com relação aos estudos ambientais necessários para a renovação da LAO, destacam-se a atualização do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, inventário de resíduos e laudo da situação atual do empreendimento.

Outras taxas referem-se à renovação dos alvarás sanitário e do corpo de bombeiros do empreendimento, cuja frequência de renovação é anual e os valores estão discriminados no Quadro 24.

Quadro 24 – Taxas de renovação dos alvarás do empreendimento

Ano	Alvará Sanitário (R\$)	Alvará do Corpo de Bombeiros (R\$)	Custo Total (R\$)
2017	602,25	0,00 ¹	602,25
2018	662,47	663,55	1.326,02
2019	707,85	729,90	1.437,75
Total	1.972,57	1.393,45	3.366,02

¹No ano de 2017 o empreendimento encontrava-se em regularização junto ao Corpo de Bombeiros, não sendo gerado taxas neste período.

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Anualmente, também é necessário renovar a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, do engenheiro responsável pela operação do empreendimento. Os valores relativos as taxas de ART foram de R\$ 81,53 em 2017, R\$ 82,94 em 2018 e R\$ 85,96 em 2019, totalizando o custo no período de R\$ 250,43. As ARTs são regulamentadas pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná – CREA.

Considerando o exposto no presente tópico, os valores alusivos às taxas de licenciamento e alvarás do empreendimento apresentaram valor total de R\$ 5.367,70 no decurso de 2017 a 2019.

Analisando os custos em escala anual, tem-se que em 2017, 2018 e 2019 as despesas com alvarás e licenciamento foram de R\$ 1.526,10, R\$ 1.408,96 e R\$ 2.432,64, respectivamente. Por fim, ressalta-se novamente que no ano de 2017 não houve custos com alvará do corpo de bombeiros e no ano de 2018 não houve custos com a renovação da licença de operação da unidade.

5.3.8 Manutenção programada

A empresa analisada possui programa de manutenção interna, que engloba a frota de veículos, a pá carregadeira e os equipamentos utilizados na reciclagem dos resíduos sólidos Classe II (britador e picador). O Quadro 25 enfoca os custos alusivos à manutenção programada.

Quadro 25 – Custos relativos a manutenção programada

Ano	Item				
	Veículo Poliguindaste Simples (R\$)	Veículo Poliguindaste Duplo (R\$)	Pá Carregadeira (R\$)	Britador de RCC (R\$)	Picador de Madeira (R\$)
2017	7.325,99	8.414,33	1.271,09	560,50	895,00
2018	5.415,21	7.980,10	1.333,19	610,30	704,00
2019	6.890,36	7.529,00	1.125,10	532,05	760,00
Total	19.631,56	23.923,43	3.729,38	1.702,85	2.359,00

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Extraindo as informações do Quadro 25, é possível verificar que no período de 2017 a 2019 foram gastos R\$ 52.434,56 com manutenção programada. Deste montante, 84,82% referem-se aos custos com os veículos tipo poliguindaste, 7,26% aos custos com manutenção da pá carregadeira e 7,92% aos custos com a manutenção dos equipamentos de reciclagem.

Analisando os gastos com manutenção programada por ano, observa-se que foram gastos em 2017, 2018 e 2019 a importância de R\$ 18.466,91, R\$ 16.042,80 e R\$ 16.836,51, respectivamente.

Dentre as principais atividades realizadas na manutenção programada citam-se a troca de óleo e filtros dos veículos tipo poliguindaste e pá carregadeira, regulagem dos freios e sistema de amortecimento, aferição de tacógrafo, substituição de pneus, manutenção nas facas de corte do picador de madeira e substituição das peneiras do britador.

Os gastos relativos à manutenção programada do veículo de transporte dos colaboradores até a usina de gerenciamento da empresa foram apresentados no Item 5.3.3 “Transporte dos funcionários até a Central de Tratamento de Resíduos”.

5.3.9 Depreciação da frota e equipamentos

5.3.9.1 Depreciação dos veículos tipo poliguindaste

A depreciação dos veículos tipo poliguindaste foi calculada considerando a Equação 01 e utilizando os parâmetros do Quadro 26. Para tal, foi considerado

o tempo de vida útil dos veículos de 15 anos (180 meses), o que reflete em um valor residual de 29,27%. Para fins de esclarecimento, o valor residual é a diferença entre o valor do veículo novo e a taxa de depreciação (TCE, 2019).

A depreciação dos equipamentos poliguindaste foram calculadas juntamente com os veículos, devido ao fato da depreciação ocorrer de maneira simultânea em ambos.

Quadro 26 – Dados utilizados para realizar o cálculo de depreciação dos veículos tipo poliguindaste

Frota	Tipo	Ano de Fabricação	Vida Útil (anos)	Valor do Chassi + Equipamento (R\$)
Veículo + poliguindaste	Simplex	2005	15	182.500,00
Veículo + poliguindaste	Duplo	2010	15	147.000,00

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Aplicando a Equação 01 e utilizando os dados do Quadro 26, foi obtido a taxa de depreciação mensal de 0,04272 para ambos os veículos. Posto isso, foi possível estimar os custos de depreciação anual dos veículos, que estão diretamente relacionados com o valor de seu chassi atrelado ao seu equipamento, conforme pode ser observado no Quadro 27.

Quadro 27 – Custos de depreciação dos veículos tipo poliguindaste

Tipo do Veículo	Custo Mensal de Depreciação (R\$)	Custo Anual de Depreciação (R\$)	Custo Total de Depreciação (R\$)
Poliguindaste Simplex	577,63	6.931,54	103.973,10
Poliguindaste Duplo	717,12	8.605,48	129.082,25

Fonte: Autor, 2020.

Analisando as informações do Quadro 27, pode-se corroborar que ao longo de 15 anos, a taxa total de depreciação dos veículos tipo poliguindaste é de 70,73%, o que reflete em um valor residual de R\$ 53.417,75 e R\$ 43.026,90 para os veículos poliguindaste tipo duplo e simples, respectivamente.

Neste panorama, ao longo do horizonte de 2017 a 2019, os valores alusivos à depreciação do veículo tipo poliguindaste duplo foi de R\$ 25.816,45 e a depreciação do veículo tipo poliguindaste simples foi de R\$ 20.794,62.

5.3.9.2 Depreciação da pá carregadeira

A Receita Federal Brasileira considera que máquinas pesadas possuem vida útil de 10 anos e taxa de depreciação anual de 10,00%. Após 10 anos, na visão da Receita Federal Brasileira o maquinário se torna obsoleto, não havendo previsão do seu valor residual (RFB, 2017).

Embora a Receita Federal Brasileira estime a vida útil do bem, deve-se considerar que este tipo de equipamento pode ser utilizado por período igual ou superior a 20 anos.

Desta forma, atento às peculiaridades da empresa, foi considerado que a máquina pá carregadeira possui vida útil de 20 anos, com taxa de depreciação anual de 5,00%, de modo a se aproximar da realidade atual.

Tendo em conta as informações supracitadas e considerando que o valor de compra da pá carregadeira foi de R\$ 317.450,00, conclui-se que a taxa de depreciação mensal é de aproximadamente 0,42%. Traduzindo em valores, mensalmente a empresa tem custos fixos de R\$ 1.322,17 com a depreciação da pá carregadeira.

Desta feita, o valor anual gasto com a depreciação da pá carregadeira é de R\$ 15.872,50, o que refletiu no valor de R\$ 47.617,50 no período de 2017 a 2019.

5.3.9.3 Depreciação dos equipamentos de tratamento de resíduos

De acordo com a Receita Federal Brasileira, a depreciação anual de equipamentos utilizados no tratamento de madeira e resíduos de construção civil é de 10,00%, para uma vida útil estimada de 10 anos (RFB, 2017).

Considerando que o picador de resíduos madeiráveis da empresa possui idade superior a 15 anos, foi adotado vida útil deste equipamento de 20 anos. Desta forma, a taxa de depreciação do equipamento é de aproximadamente 0,42% ao mês. Portanto, o custo de depreciação mensal do equipamento é de

R\$ 125,00, o que reflete no custo anual de R\$ 1.500,00 ou de R\$ 4.500,00 no período estudado.

Em outro panorama, como ainda não se tem conhecimento concreto da vida útil do britador, o qual possui apenas 4 anos de uso, será considerado a taxa de depreciação de 10,00% ao ano, indicada pela Receita Federal Brasileira (RFB, 2017).

Tendo em vista as informações descritas no parágrafo anterior e que o valor de compra do britador de resíduos foi de R\$ 98.000,00, tem-se o custo anual com depreciação de R\$ 9.800,00, o que representa a monta de R\$ 29.400,00 dentre o período de 2017 a 2019.

Por fim, é necessário esclarecer que os valores concernentes à depreciação, apresentada no presente tópico, não considera o valor residual dos equipamentos, devido ao fato da Receita Federal Brasileira determinar que após o término de sua vida útil, os mesmos se tornam obsoletos.

5.3.10 Remuneração do capital investido

5.3.10.1 Remuneração do capital investido nos veículos tipo poliguindaste

A remuneração do capital investido pode ser examinada no Quadro 28 e foi calculada considerando a Equação 02. Para realizar o cálculo foi necessário considerar o custo de aquisição dos veículos, bem como seus respectivos valores residual e a taxa de juros do SELIC.

Quadro 28 – Remuneração do capital investido para os veículos tipo poliguindaste

Ano	Tipo do Veículo	Taxa SELIC (%)	Remuneração do Capital Investido (R\$.ano ⁻¹)
2017	Simple	12,25	12.063,70
	Duplo		14.977,05
2018	Simple	6,50	6.401,15
	Duplo		7.947,01
2019	Simple	4,50	4.431,56
	Duplo		5.501,77
Total	-	-	51.322,24

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

O valor da remuneração sobre o capital investido no horizonte de 2017 a 2019 foi de R\$ 51.322,24, apresentando variações ao longo dos três anos de estudo, acompanhando a oscilação da taxa SELIC.

Considerando o valor total anual, observa-se que em 2017 o valor da remuneração foi de 27.040,75, seguido por R\$ 14.348,15 no ano de 2018 e R\$ 9.933,34 no ano de 2019.

5.3.10.2 Remuneração do capital investido para a pá carregadeira e equipamentos de reciclagem

A metodologia de cálculo da remuneração do capital investido para a pá carregadeira e equipamentos de reciclagem de RCC (britador e picador) é a mesma daquela utilizada no cálculo da remuneração de frota, não sendo considerado os valores residuais dos bens, devido serem considerados obsoletos após o término de sua vida útil. Os valores referentes ao capital investido podem ser consultados no Quadro 29.

Quadro 29 – Remuneração do capital investido para a pá carregadeira e equipamentos de reciclagem de resíduos

Ano	Item	Taxa SELIC (%)	Remuneração do Capital Investido (R\$.ano ⁻¹)
2017	Pá carregadeira	12,25	20.740,07
	Britador		6.602,75
	Picador		1.929,38
2018	Pá carregadeira	6,50	11.004,93
	Britador		3.503,50
	Picador		979,83
2019	Pá carregadeira	4,50	7.618,80
	Britador		2.425,50
	Picador		708,75
Total	-	-	55.513,50

Fonte: Autor, 2020.

O valor total da remuneração do capital investido no presente item, no horizonte de 2017 a 2019 foi de R\$ 55.513,50. Considerando a remuneração por ano, é possível observar que os valores foram de R\$ 29.272,19 em 2017, R\$

15.488,26 em 2018 e R\$ 10.753,05 em 2019, enfatizando que a oscilação anual é devido a variação da taxa SELIC.

5.3.11 Outras despesas fixas

A empresa dispõe de sistema de vigilância patrimonial por alarme. Este sistema representou gastos de R\$ 1.200,00 em 2017, R\$ 1.260,00 em 2018 e R\$ 1.260,00 em 2019, totalizando, portanto, R\$ 3.720,00 durante o período de três anos.

Outro custo fixo refere-se ao sistema de telefonia e internet, utilizado na comunicação interna do setor operacional com o setor administrativo. Este sistema foi implantado no mês de outubro de 2017, representando custos de apenas R\$ 299,97 neste ano. Nos anos seguintes, seja 2018 e 2019, os custos alusivos com telefonia e internet foram de R\$ 1.199,88 para cada ano. Desta feita, durante o período estudado o custo total foi de R\$ 2.699,73.

Os veículos tipo poliguindaste são equipados com rastreadores de Sistema de Posicionamento Global – GPS, responsáveis pelo monitoramento da frota. O custo mensal unitário deste sistema é de R\$ 70,00, ou seja, ao longo de um ano, o monitoramento dos veículos tipo poliguindaste representam o custo de R\$ 1.680,00. Desta forma, durante o decurso de 2017 a 2019 as despesas concernentes com o monitoramento da frota utilizada no transporte de RCC foi de R\$ 5.040,00.

Ademais, ressalta-se que o sistema de abastecimento de água do local é realizado com poço raso, tipo cacimba. A unidade não é atendida por rede coletora de esgoto, onde o sistema de tratamento é individual (tanque séptico seguido por filtro anaeróbio), com posterior infiltração no solo (poço sumidouro). Considerando estas informações, não há gastos com taxa de abastecimento de água e coleta de esgoto.

5.4 CUSTOS VARIÁVEIS

5.4.1 Custos relativos ao transporte dos resíduos sólidos

Conforme já mencionado, a empresa utiliza dois veículos tipo poliguindaste para realizar a coleta e o transporte dos RCC e resíduos de poda urbana. Os Quadros 30 e 31 demonstram os gastos referentes ao consumo de combustível de ambos os veículos.

Quadro 30 – Despesas referentes ao consumo de combustível do veículo poliguindaste simples

Ano	Distância (Km)	Consumo de Combustível (L)	Autonomia (Km.L ⁻¹)	Valor Unitário (R\$.L ⁻¹)	Valor Total (R\$)
2017	48.705,00	17.594,00	2,77	2,70	47.503,80
2018	37.525,00	13.180,00	2,85	3,15	41.517,00
2019	41.220,00	15.104,00	2,73	2,55	38.515,20
Total	127.450,00	45.878,00	-	-	127.536,00

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Quadro 31 – Despesas referentes ao consumo de combustível do veículo poliguindaste duplo

Ano	Distância (Km)	Consumo de Combustível (L)	Autonomia (Km.L ⁻¹)	Valor Unitário (R\$.L ⁻¹)	Valor Total (R\$)
2017	43.356,00	17.891,00	2,42	2,70	48.305,70
2018	49.003,00	17.834,00	2,75	3,15	56.177,10
2019	57.363,00	22.021,00	2,60	2,55	56.153,55
Total	149.722,00	57.746,00	-	-	160.636,55

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Os gastos com combustível, no decurso de 2017 a 2019, dos veículos tipo poliguindaste simples e duplo foram de R\$ 127.536,00 e R\$ 160.636,55, respectivamente. O veículo tipo poliguindaste simples representou gasto anual médio de R\$ 42.512,00 (\pm 4.576,16) e o veículo tipo poliguindaste duplo representou gasto anual médio de R\$ 53.545,45 (\pm R\$ 4.537,77), indicando que

o segundo veículo citado apresentou menor variação de gastos ao longo dos anos, com base do desvio padrão apresentado.

As despesas com combustível do veículo tipo poliguindaste duplo foram 20,61% maiores (R\$ 33.100,55), quando comparado com o veículo tipo poliguindaste simples. Não obstante, o referido veículo também percorreu 22.272,00 quilômetros a mais que o veículo simples.

5.4.2 Consumo de combustível da pá carregadeira

A pá carregadeira é utilizada para auxiliar na triagem dos RCC e resíduos de poda urbana, abastecimento da moega do britador, quantificação, transporte interno e carregamento dos agregados reciclados.

Eventualmente, a pá carregadeira é utilizada para outros serviços, inclusive locação para terceiros. Desta forma, para a quantificação do combustível utilizado no período estudado, foram considerados apenas os dias em que o equipamento trabalhou efetivamente na Central de Tratamento de Resíduos da empresa. Os custos com combustível da pá carregadeira podem ser observados no Quadro 32.

Quadro 32 – Custos relacionados ao consumo de combustível da pá carregadeira

Ano	Quantidade de combustível utilizado (L)	Valor unitário do combustível (R\$.L ⁻¹)	Valor Total (R\$)
2017	8.488,00	2,70	22.917,60
2018	5.349,00	3,15	16.849,35
2019	5.533,00	2,55	14.109,15
Total	19.370,00	-	53.876,10

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Face ao apresentado no Quadro 32, é possível observar que o valor total gasto com combustível foi R\$ 53.876,10, apresentando gasto anual médio de R\$ 17.958,70 (\pm R\$ 4.507,79).

É necessário realçar que o consumo de combustível da pá carregadeira foi súpero em 2017, quando comparado com os demais anos. Tal fato pode ser justificado devido à maior quantidade de resíduos gerenciados no período.

5.4.3 Transporte de biomassa (cavaco)

O transporte de cavaco é realizado com veículo tipo *roll-on / roll-off*, implemento instalado em caminhão trucado (3 eixos) que pode remover facilmente as caçambas estacionárias utilizadas no acondicionamento dos insumos produzidos através da reciclagem de madeira e resíduos de poda urbana.

Os veículos tipo *roll-on / roll-off* ficam estacionados na sede da empresa estudada, sendo deslocados até a CTR somente quando é necessário realizar a substituição da caçamba estacionária utilizada no armazenamento de cavaco. Desta feita, a quilometragem percorrida pelo veículo no momento do envio do insumo à destinação final está descrita no Quadro 33.

Quadro 33 – Distância percorrida para a destinação final do cavaco

Origem	Destino	Distância (Km)
Sede da empresa	CTR	15,10
CTR	Empresa de Papel e Celulose	10,30
Empresa de Papel e Celulose	CTR	10,30
CTR	Sede da empresa	15,10
Total		50,80

Fonte: Autor, 2020.

Em síntese, o veículo tipo *roll-on / roll-off* se desloca da sede da empresa até a CTR, onde realiza a remoção da caçamba estacionária para envio à destinação final. Na sequência, retorna até a CTR para alocar a caçamba vazia. Por fim, o veículo retorna até a sede da empresa. Esta rota reflete na distância de 50,80 quilômetros.

No período de 2017 a 2019 foram realizadas 117 substituições de caçambas de cavaco, o que resultou na distância total percorrida de 5.943,60

quilômetro, distribuídos da seguinte forma: 2.286,00 Km em 2017, 1.778,00 Km em 2018 e 1.879,00 Km em 2019.

Considerando o exposto no presente tópico foi possível calcular o valor gasto com combustível no transporte de cavaco até a destinação final, conforme ressalta o Quadro 34.

Quadro 34 – Custos com combustível relacionado ao transporte de cavaco

Ano	Distância percorrida (Km)	Consumo médio (Km.L ⁻¹)	Custo óleo diesel (R\$.L ⁻¹)	Custo Total (R\$)
2017	2.286,00	2,18	2,70	2.831,28
2018	1.778,00	2,10	3,15	2.667,00
2019	1.879,00	2,25	2,55	2.129,53
Total	5.943,60	-	-	7.627,82

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Analisando o Quadro 34 é possível constatar que o valor gasto com o transporte de cavaco do período estudado foi de R\$ 7.627,82, apresentando média anual de R\$ 2.542,60 (\pm R\$ 367,04).

Tendo em vista que o veículo tipo *roll-on / roll-off* não é utilizado exclusivamente para o transporte de cavaco, sendo utilizado pela empresa principalmente no transporte de resíduos industriais, optou-se por não computar os custos relativos com a manutenção, impostos, rastreamento, entre outros no presente tópico.

5.4.4 Destinação final dos rejeitos

Os rejeitos oriundos da triagem de RCC e resíduos de poda urbana são encaminhados à disposição final no aterro sanitário e industrial da própria empresa. Os custos relativos a esta etapa do gerenciamento estão descritos no Quadro 35.

Quadro 35 – Custos para destinação final dos rejeitos

Ano	Quantidade (t)	Custo (R\$.t ⁻¹)	Custo Total (R\$)
2017	19,67	150,00	2.950,50
2018	16,17	150,00	2.425,50
2019	13,20	150,00	1,980,00
Total	49,04	-	R\$ 7.356,00

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

O custo de disposição final é de R\$ 150,00 por tonelada de rejeito depositada no aterro sanitário. Embora o aterro seja de propriedade da empresa e, inclusive esteja instalado no mesmo local onde ocorre o gerenciamento de RCC e resíduos de poda urbana, os custos foram considerados para demonstrar a realidade das usinas de reciclagem de RCC.

Cumprе salientar que o valor de disposição final se refere apenas para o recebimento dos rejeitos no próprio local, não considerando custos relativos ao transporte dos rejeitos. Caso contrário, o custo de destinação seria praticamente o dobro.

5.4.5 Transporte e destinação final de gesso

O transporte do gesso é realizado com veículo acoplado com caçamba fixa, de modo a diminuir os custos concernentes. Os custos referentes ao gasto de combustível gastos no transporte de gesso estão descritos no Quadro 36.

Quadro 36 – Custos referentes ao gasto de combustível no transporte de gesso

Ano	Distância percorrida (Km)	Consumo médio (Km.L ⁻¹)	Custo óleo diesel (R\$.L ⁻¹)	Custo Total (R\$)
2017	1.072,00	2,35	2,70	1.231,65
2018	536,00	2,41	3,15	700,58
2019	536,00	2,42	2,55	564,79
Total	2.144,00	-	-	2.497,03

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

Face ao apresentado no Quadro 36, pode-se verificar que no período estudado, o custo com o transporte do gesso até a destinação final foi de R\$ 2.497,03, apresentando custo médio anual de R\$ 832,34 (\pm 352,42).

Os custos com a destinação final do gesso não se restringem somente àqueles relacionados ao transporte, mas também com a destinação final propriamente dita, conforme pode ser observado no Quadro 37.

Quadro 37 – Custos relativos a destinação final de gesso

Ano	Quantidade (m ³)	Custo de Destinação R\$.(m ³) ⁻¹	Custo Total (R\$)
2017	24,00	23,00	552,00
2018	12,00	25,00	300,00
2019	12,00	28,00	336,00
Total	48,00	-	1.188,00

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

A destinação final de gesso teve custo médio anual de R\$ 396,00 (\pm R\$ 136,29). Analisando o período de 2017 a 2019, os custos para destinação final de gesso foram de R\$ 1.188,00.

Os resíduos de gesso são armazenados até atingirem o volume mínimo de 12,00 m³, conforme capacidade volumétrica da caçamba fixa utilizada no transporte, ou seja, a quantidade de resíduos destinados anualmente será diferente da quantidade coletada. Este procedimento visa otimizar os custos relacionados ao transporte.

As despesas apresentadas no presente tópico são consideradas variáveis porque dependem da quantidade de material gerenciado anualmente, ou seja, não há como prever o custo fixo anual.

5.4.6 Destinação final de resíduos classe I

Considerando que o custo para destinação final de resíduos Classe I é de R\$ 900,00 a tonelada e considerando as informações do Item 5.2.9 “Gerenciamento de resíduos classe I”, foi possível verificar que no período de 2017 a 2019, os custos relativos a esta etapa do gerenciamento de RCC foram de R\$ 3.978,00, apresentando custo médio anual de R\$ 1.326,00 (\pm 469,92).

Considerando os custos anuais, observa-se: R\$ 1.863,00 em 2017, R\$ 1.125,00 em 2018 e R\$ 990,00 em 2019. A destinação final dos resíduos classe I é considerada custo variável, por não ser constante ao longo do tempo.

O transporte dos resíduos classe I até o local de destinação final é realizado com veículo tipo poliguindaste. Desta forma, os custos referentes ao consumo de combustível já foram analisados e computados no Item 5.4.1 “Custos relativos ao transporte dos resíduos sólidos”.

5.4.7 Manutenção não programada

A manutenção não programada, na maioria dos casos é resultante de fatores alheios, como, por exemplo, buracos em vias e falhas humanas, pode representar considerável gastos na atividade de gerenciamento de RCC. As despesas oriundas da manutenção não programada estão destacadas no Quadro 38.

Quadro 38 – Custos relativos a manutenção não programada

Ano	Item					
	Veículo Poliguindaste Simples (R\$)	Veículo Poliguindaste Duplo (R\$)	Pá Carregadeira (R\$)	Britador de RCC (R\$)	Picador de Madeira (R\$)	Ônibus (R\$)
2017	29.254,31	38.927,31	929,57	0,00	1.007,40	7.789,54
2018	9.899,58	14.116,81	1.904,40	2.689,70	2.189,75	3.458,10
2019	10.091,57	14.883,25	1.864,58	2.052,75	587,50	3.824,72
Total	49.245,46	67.927,37	4.698,55	4.742,45	3.784,65	15.072,36

Fonte: Adaptado do Banco de Dados da empresa, 2020.

No período de 2017 a 2019 os gastos com manutenção não programada representaram R\$ 145.470,84, sendo R\$ 77.908,13 em 2017, R\$ 34.258,34 em 2018 e R\$ 33.304,37 em 2019.

Vale ressaltar que a manutenção não programada também está correlacionada com a idade dos veículos e equipamentos, o qual tende a aumentar com a diminuição da vida útil dos mesmos.

5.4.8 Manutenção e conservação da infraestrutura

Outro custo variável refere-se àquele oriundo da manutenção e conservação da infraestrutura física já existente. Dentre as principais atividades realizadas no período estudado podem-se citar o retoque da pintura do local, substituição de partes do telhado metálico e demais manutenções de menor representatividade.

Os custos com manutenção e conservação da unidade foi de R\$ 4.800,00 em 2017, 3.212,80 em 2018 e R\$ 5.009,21 em 2020, o que representou no custo total de R\$ 13.022,01 durante o período estudado.

Os custos de 2017 e 2019 foram superiores aos do ano de 2018, devido à substituição de chapas metálicas do telhado da usina de reciclagem e RCC e resíduos de poda urbana, as quais sofreram avarias devido condições meteorológicas adversas.

5.4.9 Despesas com publicidade

A empresa investe em publicidade e divulgação dos serviços prestados através de campanhas em redes sociais, rádios locais e elaboração de fôlder. Neste caso, os *folders* são entregues para todos os munícipes que solicitam os serviços de locação de caçambas estacionárias.

Os custos com publicidade e divulgação foram de R\$ 6.800,00 ao dentre 2017 e 2019, apresentando custos anuais de R\$ 3.500,00 em 2017, R\$ 1.500,00 em 2018 e R\$ 1.800,00 em 2019.

5.5 ANÁLISE DOS CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS

Analisando os tópicos referentes aos custos fixos e variáveis, foi possível quantificar os gastos mensais totais referentes ao gerenciamento de resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana no período estudado. O quadro 39 destaca as informações relativas aos custos fixos e variáveis totais.

Quadro 39 – Custos totais referentes ao gerenciamento de resíduos

Ano	Custos Fixos (R\$)	Custos Variáveis (R\$)	Custos Totais (R\$)
2017	593.831,81	214.363,66	808.195,47
2018	597.146,84	160.732,67	757.879,51
2019	603.190,70	154.891,80	758.082,50
Total	1.794.169,35	529.988,13	2.324.157,48

Fonte: Autor, 2020.

Considerando o período anual, observa-se que em 2017 os custos foram de R\$ 808.195,47, em 2018 de R\$ 757.879,51 e em 2019 de R\$ 758.082,50, totalizando o montante de R\$ 2.324.157,48 durante o período estudado.

No ano de 2017, o custo médio mensal de operação foi de R\$ 67.349,47, seguido por R\$ 63.156,63 no ano de 2018 e R\$ 63.173,54 no ano de 2019. Estes custos envolvem os fixos e variáveis.

Salienta-se que os custos apresentados no presente tópico consideram apenas àqueles referentes a operação das unidades de gerenciamento da empresa, não sendo balizado os custos de implantação, taxa de retorno e custos com impostos relativos à prestação de serviços e venda dos produtos extraídos dos processos de reciclagem.

Explorando os dados, é possível verificar que os custos fixos e variáveis representaram a porcentagem média de 77,28% e 22,72% ao longo dos três anos, respectivamente. A porcentagem anual de cada tipo de custo está destacada nas alíneas a seguir.

- a) **2017:** Custos fixos (73,48%), custos variáveis (26,52%);
- b) **2018:** Custos fixos (78,79%), custos variáveis (21,21%);
- c) **2019:** Custos fixos (79,57%), custos variáveis (20,43%).

Os resultados apresentados no presente estudo, foram semelhantes aos encontrados por Nunes *et al.* (2007), onde através de projeções, concluíram que os custos fixos e variáveis de uma unidade de tratamento de RCC com capacidade nominal de 20 t.h⁻¹ seriam de 77,45% e 22,55%, respectivamente.

Outrossim, cabe destacar que o estudo de Nunes *et al.* (2007) não considerou variáveis como a destinação final de rejeitos, renovação de licenças ambientais, monitoramento da frota e publicidade.

Ao longo de 2017 a 2019, os custos fixos com mão de obra representaram 58,47% das despesas totais da empresa. No mesmo período, o custo variável de maior relevância foi referente ao consumo de combustível dos veículos tipo poliguindaste, representando 12,41% dos custos totais.

Na projeção de custos elaborada por Lenihan, Duran e O'Regan (2006), os custos totais com mão de obra qualificada e não qualificada representaram 50,56% de todos os custos operacionais de uma unidade de reciclagem de RCC. Apesar de se tratar de uma projeção, direcionada para um país do Norte Europeu, cuja carga tributária é diferente do Brasil, os valores encontrados pelos autores seguem a tendência dos resultados apresentados no presente estudo.

As estimativas elaboradas por Nunes *et al.* (2007) também corroboram com a pesquisa, indicando que o custo fixo de maior monta em unidades de reciclagem de RCC é aquele direcionado à mão de obra operacional.

Brito e Coelho (2013) consideraram em suas projeções os custos operacionais fixos e variáveis semelhantes aos destacados na presente pesquisa. Para os autores, plantas de reciclagem de RCC com capacidade nominal inferiores a 85 t.h⁻¹ não apresentam viabilidade econômica.

Importante ressaltar que os custos fixos e variáveis são sazonais, acompanham o fluxo de gerenciamento de resíduos da unidade e são impactados por fatores externos, como, por exemplo, variação nos valores para aquisição de insumos. Não obstante, os parâmetros adotados na composição destes custos, normalmente, são similares entre as unidades de gerenciamento de resíduos.

Ademais, cumpre destacar que foram encontrados poucos estudos relacionais à real composição de custos de plantas de reciclagem de RCC. Bem como, os estudos não incluem a reciclagem de resíduos oriundos de poda urbana.

5.6 CUSTO UNITÁRIO

A partir dos dados apresentados no presente documento, foi possível calcular o custo unitário da unidade para gerenciar dos resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana.

Considerando que no decurso de 2017 a 2019 foram gerenciados 44.296,00 m³ de resíduos e considerando que os custos totais de operação da unidade no mesmo período foram de R\$ 2.324.157,48, conclui-se que o custo operacional foi de 52,47 R\$.(m³)⁻¹.

Desta feita, no cenário de 2017 a 2019, para cada metro cúbico de resíduo gerenciado, foram gastos R\$ 52,47. O custo unitário anual pode ser observado no Quadro 40

Quadro 40 – Custo unitário de gerenciamento de resíduos

Ano	Quantidade de resíduos gerenciados (m ³)	Custo total anual (R\$)	Custo unitário (R\$.(m ³) ⁻¹)
2017	17.615	808.195,51	45,88
2018	12.721	757.897,51	59,58
2019	13.960	758.082,50	54,30

Fonte: Autor, 2020.

Analisando o Quadro 40, embora não possa ser assertivo, destaca-se que o custo unitário tende a diminuir com o aumento da quantidade de resíduos gerenciados.

Percebe-se que no ano de 2018 foram encontrados os menores custos operacionais, contudo, apresentando o maior custo unitário. Em 2017, ano do estudo que apresentou maior quantidade de resíduos gerenciados, e consequentemente maiores custos totais, foi encontrado o menor custo unitário quando comparado com os outros anos (2018 e 2019).

Neste ponto, é evidente que o aumento na produção reduz os custos unitários. Isto pode ser justificado pela infraestrutura da empresa ser a mesma e os custos fixos apresentarem pequenas variações durante o ano.

Com relação à viabilidade do empreendimento, deve-se considerar as entradas de capital referente à cobrança pelo serviço de gerenciamento associado à saída dos produtos oriundos do processo (agregados reciclados e cavaco ecológico). Embora Brito e Coelho (2013) destaquem que a venda de produtos tem uma influência pouco significativa na entrada de capital na unidade de reciclagem de RCC.

Destaca-se que um dos princípios e objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10) refere-se na prioridade de aquisição de

produtos reciclados. Não obstante, ainda há falta de políticas públicas que se enquadrem no estabelecido pela Lei ora citada.

Em outro cenário, a diminuição dos resíduos gerenciados, que conseqüentemente reflete diretamente no custo unitário operacional, pode estar relacionada com o aumento do descarte ilegal de resíduos na região, embora esta análise não faça parte do escopo da presente pesquisa.

Cabe destacar que os custos operacionais podem ser reflexo das condições socioeconômicas de cada região. Desta forma, unidades de triagem e reciclagem implantadas em municípios de pequeno porte, dificilmente conseguirão alcançar a viabilidade operacional, devido, principalmente, à pequena quantidade de resíduos gerenciados aos elevados custos operacionais.

Por fim, considerando que a empresa estudada não possui dados concretos sobre a massa dos resíduos de construção civil e resíduos de poda urbana, bem como que existem variações significativas nos dados existentes, optou-se por não apresentar o custo unitário considerando a massa dos resíduos ($R\$.t^{-1}$), visto que a obtenção da densidade dos resíduos com uma amostragem limitada poderia trazer resultados pouco confiáveis.

5.7 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se elaborar um estudo de viabilidade do empreendimento, considerando todas as entradas de capital ao longo do decurso de 2017 a 2019. Conseqüentemente, esta análise servirá como tomada de decisões para futuros investimentos e aumento da capacidade produtiva.

No intervalo de 2017 a 2019 a empresa teve custo variável total relacionado com a manutenção não programada da frota na ordem de R\$ 117.172,83, o que reflete em aproximadamente 22,11% dos gastos totais com custos variáveis. Estes custos se aproximam do valor de compra de um veículo tipo poliguindaste novo. Desta feita, instiga-se analisar a possibilidade de renovação da frota.

Sugere-se elaborar um estudo na região, de modo a analisar grandes geradores e possíveis áreas de descarte irregular, objetivando correlacionar a quantidade de resíduos gerenciados pela empresa com os resíduos descartados

ilegalmente. Este estudo também pode ser utilizado como base para futuras ampliações e tomadas de decisões.

Por fim, considerando as recomendações de melhoria de gestão e considerando o cenário de gerenciamento de resíduos destacado no presente estudo, não há recomendações quanto a melhoria no processo de gerenciamento de resíduos.

6. CONCLUSÃO

Os resultados encontrados corroboram com os objetivos principal e específicos do trabalho.

A gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil é norteada por leis, resoluções e normas, que devem ser analisadas em consonância. Por sua vez, a empresa estudada, segue o disposto neste arcabouço legal.

No Brasil, ainda não há legislação específica que oriente sobre a gestão e gerenciamento de resíduos de poda urbana. Não obstante, esta classe de resíduos pode ser gerenciada em conjunto com madeira oriunda da construção civil (resíduos classe B), visto que a biomassa é o produto final da reciclagem de ambos os resíduos, cuja destinação final pode ser a mesma.

Políticas públicas voltadas aos pequenos geradores tendem a aumentar a quantidade de resíduos destinados corretamente, diminuindo conseqüentemente o descarte irregular.

Apesar de existir vasta literatura direcionada à reciclagem de resíduos de construção civil e aplicabilidade dos agregados reciclados, ainda há uma lacuna na produção científica voltada à análise dos custos fixos e variáveis que envolvem os processos de gerenciamento. Considerando este cenário, a pesquisa passa a ser um estudo pioneiro realizado no Brasil.

Abre-se um leque para elaboração de estudos futuros, principalmente no que diz respeito à aplicação de testes de hipóteses, objetivando comparar as variáveis apresentadas no presente trabalho e também na aplicação de agregados reciclados.

Apesar de não ser assertivo, analisando os resultados, a tendência é que a quantidade de resíduos gerenciados está diretamente relacionada com o custo unitário de produção, ou seja, quanto maior a produção, menor os custos operacionais.

Os resultados encontrados podem ser replicados às empresas privadas e municipalidade, de modo a auxiliar na tomada de decisões para implantação de futuras unidades de gerenciamento de resíduos sólidos. Sobre este ponto, deve-se salientar a necessidade de levar em conta as características de cada região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

_____. **NBR 15.112**: Resíduos de Construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

_____. **NBR 15.113**: Resíduos de Construção civil e resíduos volumosos – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c.

_____. **NBR 15.114**: Resíduos de Construção civil e resíduos volumosos – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004d.

_____. **NBR 15.115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004e.

_____. **NBR 15.116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004f.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: Abrelpe, 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Bacias Hidrográficas do Paraná**. 140f. Curitiba, 2010.

AZEVEDO, G. O. D. de.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, p.65-72, 2006.

BAKCHAN, A.; FAUST, K. M.; LEITE, F. Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: Integration with project and site planning. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 146, p.462-474, 2019.

BAPTISTA JÚNIOR, J. V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.5, n.2, p.27-37, 2013.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Lei 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

_____. **Lei 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; Listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais; Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. Brasília, 1997.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão de Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 348**, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Brasília, 2004.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 431** de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, 2011.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 448** de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, 2012.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 469** de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2015.

BRITO, J. de.; COELHO, A. Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal e part I: location, materials, technology and economic analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 338-352, 2013.

BRITO, J. de.; SILVA, R.V.; DHIR, R.K. Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 598-614, 2017.

CAETANO, M.O.; FAGUNDES, A. B.; GOMES, L. P. Modelo de regressão linear para estimativa de geração de RCC em obras de alvenaria estrutural. **Ambiente Construído**, v.18, n.2, p.309-324, 2018.

CAETANO, M.O.; SELBACH, J. B. O.; GOMES, L. P. Composição gravimétrica dos RCC para etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. **Ambiente Construído**, v.16, n.2, p.51-67, 2016.

CALIJURI, M. C. do; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CEMA. **Resolução nº 94**, de 07 de novembro de 2014. Estabelece diretrizes e critérios orientadores para o licenciamento e outorga, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros sanitários, visando o controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e dá outras providências. Curitiba - PR, 2014.

CONTRERAS, M. *et al.* Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case study). **Construction and Building Materials**, v.123, p. 594-600, 2016.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 4. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018.

DA SILVA, O. H. *et al.* Etapas do gerenciamento de resíduos de construção civil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, p.39-48, 2015.

DAS, S.; *et al.* Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p.658-678, 2019.

DEUS, R. M. *et al.* A municipal solid waste indicator for environmental impact: Assessment and identification of best management practices. **Journal of Cleaner Production**, v.242, 42p., 2020.

DIONÍZIO, A. F. *et al.* Agregação de valor a resíduos agroindustriais para fins energéticos. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, p.528-538, 2019.

DUAN, H. *et al.* Characterizing the generation and flows of constructions and demolition waste in China. **Construction and Building Materials**, v. 136, p.405-413, 2017.

EVANGELISTA, P. P. A. de.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiro de obras. **Ambiente Construído**, v.10, n.3, p.23-40, 2010.

FERNANDES, M. da P. M.; SILVA FILHO, L. C. P. da. Um modelo orientativo para a gestão municipal de RCCs. **Ambiente Construído**, v.17, n.2, p.21-38, 2017.

GALARZA, L. H. W. *et al.* Modelo dinâmico de sistemas para o gerenciamento de resíduos da construção civil na cidade de Porto Alegre: estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p.463-474, 2015.

GENELETTI, D. Combining stakeholder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites. **Waste Management**, v. 30,

p.328-337, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2019.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Portaria nº 212**, de 12 de setembro de 2019. Estabelece procedimentos e critérios para exigência e emissão de Autorizações Ambientais para Atividades de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. IAP, 2019.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa nº 21**, de 24 de dezembro de 2014. Institui o Sistema Nacional de Controle do Origem dos Produtos Florestais. IBAMA, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Porto União**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/porto-uniao/panorama>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional do Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico: Município União da Vitória**. 50f, 2020.

GUERRA, S. **Resíduos Sólidos**. 1.ed. São Paulo: Brochura, 2012.

ISLAM, *et al.* An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. **Waste Management**, v.95, p.10-21, 2019.

JAIN, S.; SINGHAL, S.; PANDEY, S. Environmental life cycle assessment of construction and demolition waste recycling: A case of urban India. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 155, 2020.

LENIHAN, H.; DURAN, X.; O'REGAN, B. A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling—the case of Ireland. **Resources Conservation & Recycling**, v. 46, p.302-320, 2006.

LI, H.; WANG, Z.; ZHANG, X. Construction waste recycling robot for nails and screws: Computer vision technology and neural network approach. **Automation in Construction**, v. 97, p.220-228, 2019.

MARCONI, M.A. de.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. Norma Regulamentado nº 06 – Equipamento de Proteção Individual – EPI. Disponível em: <
https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-06.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

NOWAK, D.K.; GREENFIELD, E. J.; ASH, R. M. Annual biomass loss and potential value of urban tree waste in the United States. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.46, 2019.

NUNES, K.R.A.; *et al.* Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities. **Waste Management**, v.27, p.1531-1540, 2007.

PAIVA FILHO, J.C.de. *et al.* Diagnóstico do uso da madeira como material de construção no município de Mossoró-PR / Brasil. **Revista Metéria**, v.23, n.03, 2018.

PARANÁ. **Lei 14.558**, de 15 de dezembro de 2004. Altera os dispositivos que especifica, da Lei nº 14.260/03, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores – IPVA. Curitiba, 2004.

PORTNOV, B. R.; SEROR, N.; HARELI, S. Evaluating the effect of vehicle impoundment policy on illegal construction and demolition waste dumping: Israel as a case study. **Waste Management**, v.34, p.1436-1445, 2014.

RFB – RECEITA FEDERAL BRASILEIRA. **Instrução Normativa RFB nº 1700**, de 14 de março de 2017. Dispõe sobre a determinação e o pagamento do imposto sobre a renda e da contribuição social sobre o lucro líquido das pessoas jurídicas e disciplina o tratamento tributário da Contribuição para PIS/PASEP e da Cofins no que refere às alterações introduzidas pela Lei nº 12.973, de 13 de maio de 2014, RFB, 2017.

SIRHESC – SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Comitê de Gerenciamento Bacia Hidrográfica do Rio Timbó**. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/a-bacia-rio-timbo/municipios-da-bacia-rio-timbo>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

SROUR, I.; ALZAGHRINI, N.; SROUR, F. J. Using GIS and optimization to manage construction and demolition waste: The case of abandoned quarries in Lebanon. **Waste Management**, v. 95, p.139-149, 2019.

SVAJLENKA, J.; KOZLOVSKÁ, M. Effect of accumulation elements on the energy consumption of wood constructions. **Energy & Buildings**, v.198, p.160-169, 2019.

TCE – TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Orientação Técnica Serviços de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares: projeto, contratação e fiscalização**. 2.ed. Porto Alegre: TCE, 2019.

ULUBEYLI, S.; KAZAZ, A.; ARSLAN, V. Construction and demolition waste recycling plants revisited: management issues. **Procedia Engineering**, v. 172, p.1190-1197, 2017.

UNIÃO DA VITÓRIA. **Plano Diretor Municipal de União da Vitória**, 384f, 2007.

VIEIRA, C. R.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, D. M. da.; ROCHA, J. H. A. Análise dos fatores de influência e diagnóstico da gestão de resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros de obra da cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.11, 2019.

WANG, J., YUANB, H., KANGC, X., LUD, W. Critical success factors for on-site sorting of construction waste: A China study. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54, p.931-936, 2010.

WEISHENGA, L., HONGPING, Y. Off-site sorting of construction waste: What can we learn from Hong Kong?. **Resources, Conservation and Recycling**, v.69, p.100-108, 2012.

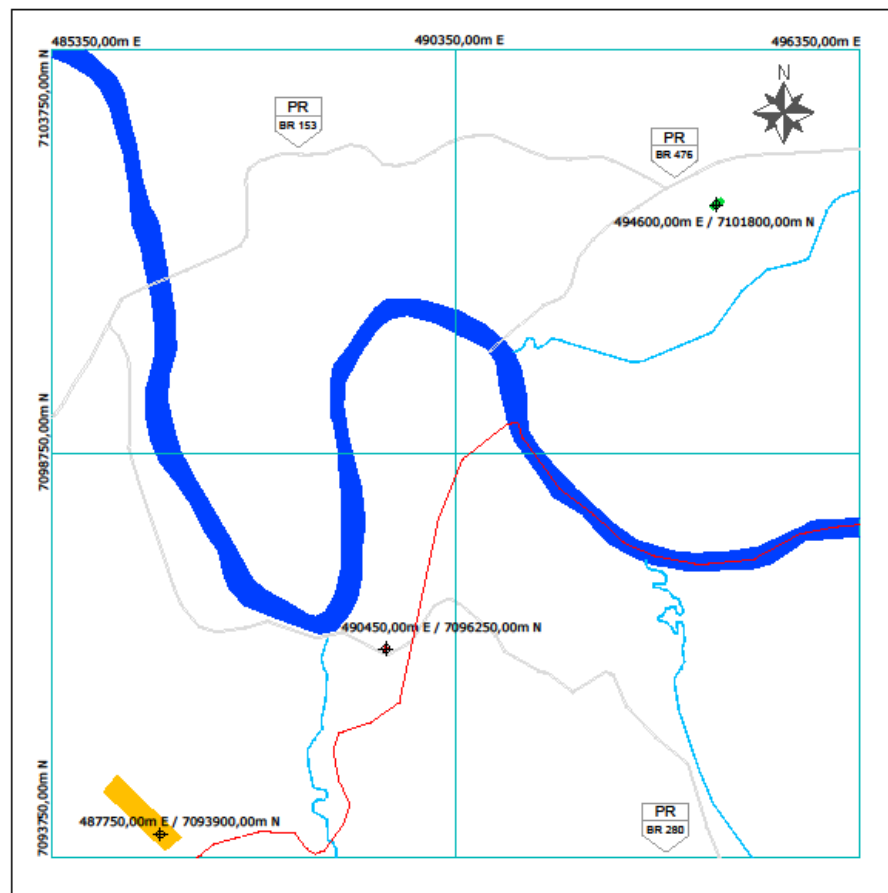
XUAN, D.; POON, C. S.; ZHENG, W. Management and sustainable utilization of processing wastes from ready-mixed concrete plants in construction: A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 238–247, 2018.

YUAN, F.; SHEN, L. YIN; LI, Q. MING. Energy analysis of the recycling options for construction and demolition waste. **Waste Management**, v. 31, n. 12, p. 2503–2511, 2011.

ZANTA, V. M.; SANTOS, L. C. B.; QUEIROZ, L. M. Avaliação ambiental de unidade de pequeno porte de reciclagem de resíduos de construção civil. **Revista Aidis**, v.12, n.2, p.339-352, 2019.

ZHENG, L.; *et al.* Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. **Construction and Building Materials**, v. 136, p.504-413, 2017.

APÊNDICE 01 – LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DAS UNIDADES DE GERENCIAMENTO



Legenda	Área
Central de Tratamento de Resíduos	24,20 ha
Armazenamento Temporário	0,19 ha
Sede Administrativa	0,50 ha
Rio Iguaçu	-
Afluentes Rio Iguaçu	-
Principais Rodovias	-
Divisa de Estados (PR / SC)	-

Apêndice 01

A4

Escala

1 : 70.000

Unidade de Medida

Metros

Localização Espacial:

Central de Tratamento de Resíduos - CTR
Área de Armazenamento Temporário
Sede Administrativa

Atividade:

Gerenciamento de RCD e Resíduos de Poda Urbana

Município:

União da Vitória - PR

Data:

Maio/2020

Datum

Sirgas 2000

Meridiano Central

51° W

Responsável Técnico

Felipe Marcel Dalmas Kotwiski
Eng. Ambiental CREA: 148328/PR